This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

LSoc 1621.4.3

FEB 14 1908

Harvard College Library

FROM THE

SUBSCRIPTION FUND

BEGUN IN 1858

MÉMOIRES

DE

L'ACADÉMIE DES SCIENCES

DE

L'INSTITUT DE FRANCE.

37381 PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS.

Quai des Grands-Augustins, 55.

MÉMOIRES

DE

L'ACADÉMIE DES SCIENCES

DE

L'INSTITUT DE FRANCE.

TOME QUARANTE-NEUVIÈME.

DEUXIÈME SÉRIE.

© PARIS,

GAUTHIER-VILLARS,

IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

—

M CM VI.

37381 PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS.
Quai des Grands-Augustins, 55.

MÉMOIRES

DE

L'ACADÉMIE DES SCIENCES

DE

L'INSTITUT DE FRANCE.

TOME QUARANTE-NEUVIÈME.

DEUXIÈME SÉRIE.

© PARIS,

GAUTHIER-VILLARS,

IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

—

M CM VI.

TABLE DES ARTICLES

CONTENUS

DANS LE TOME QUARANTE-NEUVIÈME.

ÉLOGE HISTORIQUE.

Pages.

NOTICE HISTORIQUE SUR CHARLES HERMITE, par M. GASTON DARBOUX ..... I à LIV

MÉMOIRES.

LE NAVIRE A VAPEUR SUR SON CERCLE DE GIRATION. FORCES EN JEU, ANGLES DE DÉRIVE ET D'INCLINAISON, par L.-E. BERTIN ..... I à 53

ARCHÉOLOGIE ET HISTOIRE DES SCIENCES, par M. BERTHELOT ..... I à 377

NOTICE HISTORIQUE

SUR

CHARLES HERMITE

MEMBRE DE LA SECTION DE GÉOMÉTRIE

LUE DANS LA SÉANCE PUBLIQUE DU 18 DÉCEMBRE 1905

PAR

M. Gaston DARBOUX,

SECRÉTAIRE PERPÉTUEL.

MESSIEURS,

« La mort nous moissonne plus rapidement qu'autrefois; car si, depuis l'année 1666, les progrès de la Science ont rendu nécessaire de tripler le nombre des Académiciens, ils n'ont pas accru dans la même proportion la durée de la vie humaine. Chaque Secrétaire perpétuel, quel que soit son zèle, lègue à son successeur un arriéré toujours croissant d'éloges qu'il n'a pu prononcer; et nous éprouvons chaque année, pour choisir entre tant de noms dont la mémoire nous est chère, un véritable et pénible embarras. »

Ces paroles que Joseph Bertrand plaçait, il y a un quart de siècle,

en tête de l'Éloge de Belgrand, on peut les répéter aujourd'hui encore; car elles n'ont pas cessé d'être vraies. Mais ces progrès de la Science, qui ont rendu nécessaire de tripler le nombre des Académiciens, déterminent des modifications, chaque jour plus profondes, dans les conditions mêmes de la recherche scientifique. Le nombre était grand autrefois de ceux qui pouvaient se faire une idée nette et suffisamment précise des méthodes propres à chacune de nos sciences. Depuis, toutes ces sciences se sont développées d'une manière indépendante, se constituant chacune un langage particulier; de telle sorte qu'il est devenu aussi difficile aujourd'hui de comprendre un chimiste ou un naturaliste qu'il l'était autrefois de suivre un mathématicien. Ce développement autonome des différentes branches particulières est assurément légitime; mais il entraîne de graves dangers, et je crois que l'avenir est aux nations qui sauront le mieux assurer la coordination des recherches scientifiques. En attendant, lorsqu'il s'agit de prononcer l'éloge d'un de ces hommes qui ont illustré à la fois l'Académie et le pays, nous nous trouvons en présence d'une difficulté que Bertrand n'a pas signalée et qui croît cependant de jour en jour. Faut-il renoncer à donner une idée précise de leur rôle scientifique et de leurs importantes découvertes, ou bien devons-nous, sans craindre de lasser votre attention, entrer dans les explications qui sont nécessaires et qui risquent, je dois l'avouer, d'échapper même à des hommes très instruits? Vous me pardonnerez, Messieurs, si, voulant écrire l'éloge de Charles Hermite, je me suis rangé à ce dernier parti. Sa vie s'est écoulée sans événements marquants, un seul de ses travaux peut intéresser ceux qui n'ont qu'une connaissance générale des Mathématiques. Mais notre devoir envers des hommes tels que lui est de fixer leur souvenir, avant qu'aient disparu tous ceux qui ont pu vivre à côté d'eux et recueillir de leur bouche les enseignements qui ne sont pas contenus dans leurs écrits.

I.

Charles Hermite naquit, le 24 décembre 1822, à Dieuze, chef-lieu de canton du département de la Meurthe, que le traité de Francfort a fait passer depuis entre les mains de l'Allemagne.

Son grand-père, du côté paternel, était un armateur, probablement originaire de Marseille. Il avait un somptueux hôtel dans la Chaussée-d'Antin, mais il fut ruiné pendant la Révolution; il mourut en prison, et un de ses frères, qui était son associé, fut guillotiné. Le père de notre cher maître, Ferdinand Hermite, était encore bien jeune au moment de la ruine de sa famille. Il fit ses études d'ingénieur, mais n'eut jamais beaucoup de goût pour son métier. Autant qu'on me l'a représenté, il eût été plutôt un artiste : il faisait un peu de peinture et était excellent musicien. La destinée devait, peut-être pour son plus grand bien, le mener très loin des beaux-arts. Entré en Lorraine dans une entreprise de salines, il se fixa à Dieuze et épousa bientôt M^lle^ Madeleine Lallemand, fille d'un marchand de drap de cette petite ville. Il abandonna alors l'industrie du sel et l'art de l'ingénieur pour le commerce du drap et succéda ensuite à ses beaux-parents. M^me^ Hermite paraît avoir été l'âme de la maison de commerce, qu'elle agrandit considérablement. Charles Hermite aimait à raconter que son père avait peint l'enseigne de la maison : elle représentait un solitaire dans quelque thébaïde et on lisait au-dessous : à l'ermite. Dans son affection reconnaissante pour ses parents, il se plaisait aussi à rappeler, et il m'a dit bien des fois, que c'était à leur activité, à leur labeur persévérant, qu'il devait la modeste aisance grâce à laquelle il a pu se livrer à ses goûts, et se consacrer sans réserve à ses recherches mathématiques.

M. et M^me^ Ferdinand Hermite eurent sept enfants, deux filles et cinq fils. Charles Hermite fut l'avant-dernier. Il avait six ou sept ans quand ses parents vinrent établir à Nancy leur maison de commerce. La discipline était sévère dans la famille (1). Mais, comme il arrive chez beaucoup de négociants, il ne semble pas que M. et M^me^ Hermite aient trouvé le temps de veiller de près à l'éducation de leurs fils. On les mit au collège de Nancy, d'abord comme demi-pensionnaires, ensuite comme internes; et, comme à cette époque les études y laissaient à désirer, on envoya Charles à Paris, où il suivit les classes de seconde et de rhétorique du Collège Henri-IV. En seconde, ce qui intéressa le plus le jeune élève, ce fut la classe de Physique faite par M. Despretz, qui devait devenir peu de temps après professeur à la Sorbonne et membre de l'Institut. Son professeur de lettres, M. Caboche, qui fut plus tard inspecteur général, lui reprochait de trop aimer le Cours de M. Despretz. Somme toute, les études classiques d'Hermite furent faites sans beaucoup d'ardeur. L'internat ne lui convenait nullement; il avait le sentiment d'être dans une caserne, dans une geôle pour employer sa propre expression. C'est seulement après ses classes que nous le verrons reprendre spontanément ses études classiques et devenir cet humaniste distingué que nous avons connu.

II.

Entraîné par l'exemple de son frère aîné Hippolyte (2), et sans doute aussi par cette intuition confuse qui dirige souvent les hommes vers les études ou les travaux qui conviennent le mieux à leurs secrètes aptitudes, il négligea la Philosophie et les Mathématiques élémentaires et, au début de l'année scolaire 1840-1841, il entrait au Collège Louis-le-Grand dans la classe des Mathématiques pré-

paratoires à l'École Polytechnique, dont le professeur était M. Richard (3). Il avait alors dix-huit ans. C'est à ce moment que se développa, avec une rapidité et une intensité extraordinaires, cette furie mathématique qu'il n'avait pas montrée dans les classes de lettres et qu'il devait garder jusqu'à son dernier jour. L'excellent M. Richard, qui, comme tous les bons professeurs, savait juger les élèves, reconnut très promptement toute la valeur d'Hermite. Il disait à son père : « Ce sera un petit Lagrange »; mais il s'inquiétait beaucoup de le voir suivre sa fantaisie et négliger l'examen. Hermite n'était pas de ceux qui s'assujettissent volontiers à un programme régulier. Sur ce point caractéristique, nous pouvons nous en rapporter à ses propres déclarations.

« J'ai eu aussi les examens en horreur, écrivait-il quarante ans après à son jeune ami Stieltjes, et j'ai passé une année, étant élève de Mathématiques spéciales, à lire, à la Bibliothèque Sainte-Geneviève, les Collections académiques, les Ouvrages d'Euler, etc., au lieu de me mettre en mesure de répondre sur les questions de Géométrie, de Statique, etc. M. G... m'avait pris en aversion et j'ai expié par un humiliant échec mes fantaisies d'écolier savant (4). »

Si Hermite négligeait les questions de Géométrie, de Statique, il était bien loin de perdre son temps, et il acquit avec une rapidité extraordinaire des connaissances très étendues en Algèbre supérieure et en Analyse. Nous pouvons en donner comme preuve la composition qu'il présenta à la fin de l'année pour le concours général. Le sujet choisi était la théorie de l'élimination (5). Hermite eut le premier accessit; le second prix échut à Bresse, qui devait devenir plus tard membre de notre Section de Mécanique. Comme toutes les copies couronnées, celle d'Hermite nous a été conservée. Après un si long intervalle de temps, son écriture est facile à

reconnaître; elle ne diffère presque pas de celle que sa correspondance a répandue dans le monde entier. Le jeune élève fait preuve d'originalité dans son exposition. Il connaît à fond la théorie des fonctions symétriques, utilise déjà cette dérivée logarithmique qui devait jouer un si grand rôle dans ses travaux et applique ce que, dans son enthousiasme juvénile, il appelle le fameux théorème de Lagrange (⁶).

L'année suivante il fut moins heureux. Le sujet choisi, toujours élémentaire, était la règle des signes de Descartes. Hermite consigna dans son exposé cette propriété nouvelle : Lorsque les coefficients de quatre termes consécutifs d'une équation algébrique sont en progression arithmétique, l'équation a nécessairement des racines imaginaires. Cette remarque ingénieuse ne lui valut même pas un accessit. Au concours de 1842, le nom, qui devait devenir à jamais glorieux, d'Hermite ne figura plus sur le *palmarès*.

En revanche, il fut reçu à l'École Polytechnique. Son rang ne fut pas brillant, il est vrai; il n'était que le soixante-huitième. Gardons-nous cependant de jeter la pierre aux juges du concours. L'examinateur de Géométrie descriptive ne dut pas être très satisfait de ses réponses. Sur ce point encore, nous pouvons invoquer le témoignage d'Hermite et sa correspondance avec Stieltjes. Cinquante ans après, il écrivait à son jeune ami :

« Si vous ne me prenez pas en compassion quand j'essaie de comprendre quelque chose aux épures de Géométrie descriptive, c'est que vous avez le cœur d'un tigre (⁷). »

Et ailleurs :

« Je ne puis vous dire à quels efforts je suis condamné pour comprendre quelque chose aux épures de Géométrie que je déteste et à des

choses comme la formule des annuités en Arithmétique, etc. Combien sont heureux ceux qui peuvent ne songer qu'à l'Analyse (*). »

S'il avait été reçu par des examinateurs qui ne plaisantaient pas sur la formule des annuités, etc., il avait bien dû travailler un peu, bien peu, tout le programme; mais il avait songé avant tout à l'Analyse. Élève libre de l'Institution Mayer, une de celles qui étaient si florissantes à cette époque et gravitaient comme de précieux auxiliaires autour de nos Collèges d'enseignement secondaire, il avait continué à aller à la Bibliothèque Sainte-Geneviève lire les Ouvrages des maîtres et, parmi eux, le *Traité de la résolution des équations numériques* de Lagrange; il achetait avec ses économies la traduction française des *Disquisitiones Arithmeticæ* de Gauss. C'est dans ces deux livres, se plaisait-il plus tard à répéter, que j'ai appris l'Algèbre. Le premier fruit de ses études avait été un article intitulé : *Considérations sur la résolution algébrique de l'équation du cinquième degré,* qu'il envoya en 1842 aux *Nouvelles Annales de Mathématiques*. Comme Abel, comme Jacobi et beaucoup d'autres géomètres, Hermite s'attaquait pour ses débuts à ce problème que l'on rencontre au seuil de la théorie des équations, et où ses travaux devaient laisser plus tard une trace impérissable. Ce premier essai, où il se propose de démontrer l'impossibilité de la résolution algébrique de l'équation du cinquième degré, a conservé aujourd'hui encore son intérêt. On y reconnaît que le jeune élève avait su s'assimiler, dans toute leur étendue et dans toute leur portée, les principes féconds et les méthodes que Lagrange a développés dans le *Traité de la résolution des équations*.

III.

Mais une preuve plus éclatante encore de ses merveilleuses aptitudes allait être donnée, dès les premiers temps de son séjour à l'École Polytechnique. En janvier 1843, trois mois à peine après son entrée à l'École, et sur les conseils de Liouville, il envoyait une lettre à Jacobi pour lui communiquer un Travail sur la division des transcendantes abéliennes.

Seize années auparavant, Jacobi, presque inconnu et simple privatdocent à l'Université de Kœnisberg, écrivait à l'un de nos grands géomètres, à Legendre, pour lui communiquer les généralisations qu'il avait données à la théorie de la transformation des fonctions elliptiques, et sa lettre commençait en ces termes :

« Monsieur, un jeune géomètre ose vous présenter quelques découvertes faites dans la théorie des fonctions elliptiques, auxquelles il a été conduit par l'étude assidue de vos beaux travaux. C'est à vous, Monsieur, que cette partie brillante de l'Analyse doit le haut degré de perfectionnement auquel elle a été portée, et ce n'est qu'en marchant sur les vestiges d'un si grand maître que les géomètres pourront la pousser au delà des limites qui lui ont été prescrites jusqu'ici. C'est donc à vous que je dois offrir ce qui suit comme un juste tribut d'admiration et de reconnaissance. »

Cet hommage que Jacobi rendait à Legendre était entièrement mérité. Dans des découvertes particulières de Fagnano et de Landen, dans une intégration géniale d'Euler, Legendre avait su reconnaître les premiers linéaments d'une branche importante de l'Analyse ; et, malgré l'indifférence que rencontraient tous ses travaux auprès de ses compa-

triotes, il n'avait cessé de travailler pendant près de cinquante ans à la constitution d'un corps de doctrine embrassant toutes les intégrales dans lesquelles entre une seule irrationnelle, la racine carrée d'un polynome du quatrième degré. Et c'était au moment où Legendre venait de coordonner tous ses résultats, de commencer la publication de son grand *Traité des fonctions elliptiques,* que les découvertes de Jacobi, bientôt suivies de celles de son illustre émule Abel, venaient transformer de fond en comble l'édifice qu'il avait élevé et apportaient des éléments destinés à renouveler l'Analyse mathématique tout entière. En présence de telles découvertes, et dès le premier jour, Legendre n'éprouva d'autre sentiment que celui de l'admiration. Notre Académie se plut à enregistrer ses éloges et à les transmettre au monde savant. Depuis cette époque mémorable, Jacobi était devenu un des maîtres illustres de la Science mathématique; par ses immortels travaux, par ceux d'Abel, non seulement la théorie des fonctions elliptiques avait été portée au plus haut degré de développement, mais une théorie nouvelle, prenant sa source dans le théorème d'Abel, que Legendre appelait *monumentum aere perennius,* était née, qui rattachait l'étude des fonctions elliptiques à celle des transcendantes les plus générales produites par l'intégration de différentielles algébriques quelconques.

C'est à celles d'entre elles qui sont les plus rapprochées des transcendantes elliptiques que se rapportaient les résultats communiqués par Hermite à Jacobi. Mais, pour bien comprendre la portée de ces résultats, il faut se rappeler qu'en 1843 le Mémoire, d'un intérêt capital, dans lequel Jacobi avait donné le véritable sens du théorème d'Abel et obtenu la notion des nouvelles transcendantes, était ignoré de la plupart des Analystes. Göpel et Rosenhain n'avaient pas encore commencé ou publié leurs études sur ce sujet difficile. Hermite étendait aux fonctions abéliennes les théorèmes donnés par Abel et par Jacobi pour la division de l'argument dans les fonctions elliptiques. Ce

que l'on savait faire pour les équations à une inconnue de la théorie des fonctions elliptiques, il parvenait à l'effectuer pour les équations à plusieurs inconnues à l'aide desquelles on divise les fonctions abéliennes produites par l'intégration des radicaux carrés.

« C'est ainsi, disait Liouville, on me pardonnera ce rapprochement entre l'ancienne et la nouvelle École Polytechnique, qu'à son début Poisson étendit à la détermination du degré de l'équation finale résultant de l'élimination des inconnues entre un nombre quelconque d'équations la méthode des fonctions symétriques dont on n'avait d'abord su faire usage que pour deux équations à deux inconnues (*). »

En recevant la communication que lui faisait Hermite, Jacobi dut se reporter par la pensée aux premières années de sa glorieuse carrière; et cet accueil chaleureux qu'il avait trouvé auprès de Legendre, il fut heureux de le réserver à son tour au travail du jeune Français, où se trouvait utilisée pour la première fois une notion qu'il n'avait acquise qu'au prix des plus grands efforts.

« Je vous remercie, écrit-il à Hermite le 24 juin 1843, bien sincèrement de la belle et importante communication que vous venez de me faire, touchant la division des fonctions abéliennes. Vous vous êtes ouvert, par la découverte de cette division, un vaste champ de recherches et de découvertes nouvelles qui donneront un grand essor à l'art analytique. Je vous prie de faire mes compliments à mon illustre ami M. Liouville, je lui sais bon gré d'avoir bien voulu me procurer le grand plaisir que j'ai ressenti en lisant le Mémoire d'un jeune homme dont le talent s'annonce avec tant d'éclat dans ce que la Science a de plus abstrait (**). »

Il semble qu'après ce brillant début, les productions d'Hermite auraient dû se succéder sans relâche. Elles se firent néanmoins un peu

attendre. Son séjour à l'École Polytechnique fut troublé par les inquiétudes que lui donna une décision ministérielle. Il avait au pied droit une infirmité qui datait de naissance et qui l'obligeait à se servir d'une canne : cette infirmité, qui n'avait pas empêché son admission, détermina le Ministre à lui refuser une prolongation de séjour. Ce n'est que sur les vives instances des hommes politiques de son département qu'il fut maintenu à l'École, mais sous la réserve qu'il ne demanderait aucun poste dans les carrières publiques à la sortie. Dans ces conditions, il n'avait aucun intérêt à préparer des examens qui ne pouvaient lui ouvrir l'entrée des services civils. Il quitta donc l'École à la fin de la première année. Toutes les incertitudes qu'il eut ainsi à subir expliquent le long intervalle qui s'est écoulé entre sa première et sa seconde lettre à Jacobi. La première, nous l'avons dit, est datée de janvier 1843; la seconde a été écrite en août 1844.

Comme la première, cette nouvelle communication reçut de Jacobi le meilleur accueil.

« Si vous voyez Richelot et Hesse, écrivait-il à un de ses correspondants, dites-leur que j'ai reçu d'Hermite une nouvelle grande lettre dans laquelle il établit pour la première fois les formules relatives à la transformation des fonctions elliptiques que j'ai données, il y a plus de seize ans, sans démonstration (''). »

La méthode qui permettait à Hermite de combler cette lacune reposait précisément sur ce caractère, qu'il déclarait digne de toute attention, des trois fonctions elliptiques d'être exprimables par le quotient de deux fonctions, développables en séries toujours convergentes, qui restent les mêmes ou ne font qu'acquérir un facteur commun lorsqu'on augmente l'argument de multiples des périodes. En d'autres termes, Hermite inaugurait la seconde période de la théorie des fonctions elliptiques. Au lieu de faire reposer cette théorie sur les intégrales de

Legendre, il la rattachait à la transcendante Θ de Jacobi, par une méthode qui lui était propre et qui a joué un grand rôle dans ses travaux ultérieurs et dans son enseignement.

En lui répondant le 6 août 1845, Jacobi revendiquait, en même temps que quelques-uns des résultats démontrés par Hermite, l'idée fondamentale de faire reposer sur les fonctions Θ toute la théorie. Il ajoutait immédiatement ces paroles qui ont été souvent reproduites :

« Mais, ce qui auparavant ne m'est jamais venu dans l'esprit, c'est votre idée ingénieuse et très originale de faire ressortir de ces mêmes principes le théorème d'Abel en tant qu'il s'applique aux fonctions elliptiques.... En cherchant à tirer la transformation directe des fonctions Θ sans faire usage de leur décomposition en produits infinis, vous avez savamment pensé aux cas généraux, où probablement l'on doit se résigner à l'impossibilité d'une décomposition en facteurs.

» Ne soyez pas fâché, Monsieur, si quelques-unes de vos découvertes se sont rencontrées avec mes anciennes recherches. Comme vous dûtes commencer par où je finis, il y a nécessairement une petite sphère de contact. Dans la suite, si vous m'honorez de vos communications, je n'aurai qu'à apprendre (12). »

IV.

Après sa sortie de l'École Polytechnique, Hermite resta à travailler à Paris. Il était devenu une énigme pour sa famille; l'esprit positif de sa mère ne comprenait rien à cette étrange vocation mathématique. Il semble qu'elle ait été envisagée avec plus d'indulgence par son père, qui se rappelait sans doute les prédictions de M. Richard. C'est à ce moment qu'il fit la connaissance des deux frères Alexandre et Joseph Bertrand. Ses études mathématiques n'avaient aucun point commun

avec celles de Joseph ; mais il s'était mis à faire du grec, et lisait Homère avec Alexandre Bertrand. Les siens l'ont même entendu plus tard rappeler en riant qu'il lui avait donné d'utiles conseils pour une leçon d'agrégation.

Nous pouvons nous le représenter tel qu'il était à cette époque en regardant le portrait au crayon que possède sa famille et qui a été reproduit par l'héliogravure dans le Tome I de ses *OEuvres,* dont la publication complète est déjà commencée sous les auspices de l'Académie. Sa chevelure est bouclée, son front est large, ses yeux brillants paraissent éclairés par une lumière intérieure; il a l'air doux et bienveillant. En tenant compte de la différence des âges, on retrouve une ressemblance parfaite entre ce portrait de sa première jeunesse et tous ceux qui nous ont été conservés de lui. Il suffit de le comparer à l'esquisse que nous possédons des traits de l'infortuné Galois pour apprécier toute la saveur du récit suivant de Joseph Bertrand :

« Un des frères de mon père, le Dr Stanislas Bertrand, qui jamais n'étudia les Mathématiques, a vécu dans l'intimité de Galois. Il le rencontrait en 1830, tantôt dans les bureaux du journal *La Tribune,* tantôt dans les réunions secrètes de la Société *Aide-toi, le ciel t'aidera;* ce qui les conduisit à s'asseoir ensemble sur les bancs de la police correctionnelle. Quinze ans après, mon oncle, venant me voir, me trouva causant avec un jeune homme, qu'il semblait regarder avec attention et écouter avec étonnement. Il me dit le lendemain : j'ai éprouvé hier une grande émotion, j'ai cru pendant un quart d'heure voir et entendre Évariste Galois. Il avait vu et entendu Charles Hermite (18). »

A cette époque, l'enseignement public et l'enseignement libre ouvraient volontiers leurs rangs aux jeunes polytechniciens qui se sentaient du goût pour la recherche scientifique. Joseph Bertrand,

Ossian Bonnet, Alfred Serret, un peu plus anciens à l'École, n'avaient pas craint de renoncer à des positions assurées pour se faire une carrière dans le professorat. Il semble qu'Hermite, sous l'impulsion de sa famille, ait voulu faire de même; et lui, que tous saluaient déjà comme un des maîtres de la Science française, se préoccupa pendant quelque temps d'acquérir les grades qui lui étaient nécessaires. Il se présenta au baccalauréat ès Lettres le 1er juillet 1847, à l'âge de 24 ans (14). Douze jours après, il passait l'examen du baccalauréat ès Sciences devant un Jury composé de son ancien professeur Despretz, de Sturm et de son ami Joseph Bertrand, alors agrégé de la Faculté (15). L'année suivante, le 9 mai 1848, il subissait avec succès les épreuves de la licence ès Sciences physiques. Heureusement les circonstances venaient interrompre cette poursuite des grades, qui a pour nous quelque chose de pénible; et l'École Polytechnique, renouvelant pour Hermite ce qu'elle a fait pour plusieurs de ses anciens élèves entrés dans la carrière des Sciences, lui confiait, à partir de juillet 1848, les fonctions d'examinateur d'admission. Il y joignait bientôt, le 12 décembre de la même année, celles de répétiteur d'Analyse, qu'il a quittées seulement le 6 mai 1863 pour devenir examinateur des élèves. Dès ce moment, sa carrière était orientée, au moins dans sa première partie.

Au milieu de tous ces troubles, de toutes ces préparations, Hermite n'avait jamais cessé de se consacrer avec une ardeur et un succès extraordinaires à ses études de Mathématiques. Ses découvertes de cette époque se rapportent surtout à l'Arithmétique supérieure; elles ont été consignées dans quatre lettres nouvelles écrites à Jacobi. Nous n'avons pas leur date exacte; mais, d'après une phrase de la première, nous pouvons affirmer qu'elle remonte aux premiers mois de 1847. Il est impossible de lire, sans être pénétré d'admiration, ces écrits d'un géomètre de 24 ans. Chez Hermite, comme chez beaucoup d'autres, le génie mathématique a été précoce. On songe à Galois,

faisant à 20 ans ses immortelles découvertes; à Gauss, écrivant au même âge ses *Recherches arithmétiques;* à Lagrange, qui, à 23 ans, avait jeté les fondements de tous ses Ouvrages. Par l'étendue des questions abordées, par la nature et la fécondité des principes employés, ces admirables lettres dépassent, et de beaucoup, tout ce qu'Hermite avait écrit jusqu'alors. Elles contiennent en germe, non seulement ses principales découvertes, mais aussi celles qu'il a préparées à ses successeurs. A partir du moment où il les a écrites, Hermite, pour tous les juges compétents, devait être classé au rang des plus grands géomètres.

Dans les fonctions d'examinateur d'admission qu'il a remplies jusqu'en 1860, il succédait à un savant éminent, Wantzel, dont il a plus d'une fois évoqué le souvenir et qu'une mort prématurée a seule empêché de devenir célèbre. Tous ceux qui ont connu Hermite à cette époque ou qui ont eu la bonne fortune d'être interrogés par lui, savent avec quelle bienveillance, mais aussi avec quelle supériorité, il s'acquittait de ses délicates fonctions. Rien n'était banal dans ses examens; sur la question la plus simple, il trouvait moyen d'être ingénieux et original.

Plus tard, quand il était professeur à la Sorbonne, j'ai eu plus d'une fois à aller le trouver pendant quelques-uns des examens qu'il avait à faire passer pour le baccalauréat. Tous, maîtres et élèves, auraient eu profit à l'entendre, même sur les sujets qui paraissaient les plus insignifiants. Il agrandissait et transformait tout ce qu'il touchait.

Au cours de l'année même où il fut nommé examinateur, il se maria avec la sœur de ses deux amis, Louise Bertrand, qui devait lui survivre de bien peu et qui lui donna deux filles. L'aînée fut mariée à M. Georges Forestier, ingénieur des plus distingués, qui vient de mourir avec le titre d'Inspecteur général des Ponts et Chaussées. La cadette a épousé M. Émile Picard, qu'Hermite aura eu la joie de voir

siéger à côté de lui dans la Section de Géométrie, pendant près de douze ans.

Il habitait, à cette époque, place de l'Odéon, la même maison qu'Eugène Burnouf, avec qui il eut beaucoup de relations. Le souvenir du grand philologue lui était resté très vif. Il étudia alors le sanscrit et le vieux persan. Il suivait les cours du Collège de France et fréquentait le salon de M. Mohl. Ce n'est pas qu'il eût pour les langues une mémoire très heureuse, mais il aimait à étudier le mécanisme grammatical et y trouvait le même plaisir que dans une transformation algébrique. C'est dans cet ordre d'idées qu'Hermite, toujours porté à s'intéresser aux questions d'enseignement, puisait des arguments pour le maintien du thème latin, aujourd'hui sacrifié. Il pensait qu'il joue dans l'éducation littéraire le même rôle que les Mathématiques dans l'éducation générale :

« Posséder des règles bien précises, reconnaître quand il convient de les appliquer, les appliquer alors correctement, voilà, suivant lui, écrit M. Tannery, ce qu'il faut aux enfants [16]. »

Cette vie de travail, passée loin des plaisirs du monde, pour lesquels Hermite n'avait aucun goût, n'était interrompue que par les voyages qu'il devait faire chaque année pour remplir ses fonctions d'examinateur. Il était souvent accompagné par M^me^ Hermite; et, quand les examens lui laissaient quelque liberté, il allait volontiers se délasser au spectacle et y entendre quelque opéra avec ses collègues Serret et Bonnet. Hermite avait pour la musique un goût très vif, qu'il partageait d'ailleurs avec Bonnet. Ses parents ne lui avaient fait faire aucune étude dans ce sens, mais il avait une grande mémoire musicale et pouvait facilement retrouver sur le piano un motif qu'il avait entendu une seule fois. En revanche, il aurait été très difficile de l'entraîner dans un musée. Il a écrit quelque part que l'Algèbre a son élégance et que

le sentiment de l'Art n'est point étranger aux géomètres; mais son père ne lui avait transmis aucune de ses aptitudes pour les arts plastiques, et j'ai le regret de dire qu'il manifestait pour la peinture, et surtout pour la sculpture, une véritable aversion.

Les loisirs que lui laissaient les fonctions peu absorbantes dont il était chargé lui permirent alors de se livrer sans relâche à ces méditations qui retiennent et occupent quelquefois pendant des journées entières la pensée du savant, et il put connaître cette continuité dans le travail qui est nécessaire à l'élaboration d'une œuvre vraiment solide.

V.

Les nombreux travaux qu'il publia à cette époque ne sont que le développement normal du programme si vaste qu'il s'était proposé et des principes féconds qu'il avait posés dans ses quatre dernières lettres à Jacobi. Au commencement de ses recherches, son seul but, il le dit lui-même, avait été d'examiner le nouveau mode d'approximation des irrationnelles, auquel Jacobi avait été conduit pour établir l'impossibilité d'une fonction ayant plus de deux périodes; mais peu à peu, et sous l'influence de la lecture assidue des *Disquisitiones arithmeticæ,* des problèmes infiniment plus vastes se présentèrent à son esprit. Gauss, dans son immortel Ouvrage, avait développé la théorie des formes quadratiques binaires, et s'était borné à ébaucher celles des formes ternaires. Hermite, pénétrant dans cet admirable édifice, découvrant les principes algébriques qui y servent de support aux recherches arithmétiques, ne craignit pas d'aborder les grandes questions de la théorie des formes dans toute leur généralité.

« Dans cette immense étendue de recherches qui nous a été laissée par M. Gauss, écrit-il à Jacobi, l'Algèbre et la Théorie des Nombres

me paraissent devoir se confondre dans un même ordre de notions analytiques dont nos connaissances actuelles ne nous permettent pas encore de nous faire une juste idée. Peut-être cependant doit-on entrevoir qu'il appartiendra à cette partie de la Science, constituée ainsi sur ses véritables bases, d'offrir le tableau de tous les éléments, en nombre fini ou illimité, dont dépendent les racines des équations algébriques, séparés en types irréductibles et classés suivant leurs rapports naturels (17). »

C'est dans la théorie des formes quadratiques à un nombre quelconque de variables qu'Hermite sut trouver les instruments nécessaires pour aborder ce vaste ensemble de recherches. Prenant pour point de départ un admirable théorème relatif au minimum d'une forme quadratique, dans laquelle on substitue aux variables des entiers positifs ou négatifs, il introduisit, pour chaque question, des formes quadratiques convenablement choisies, dont le caractère propre était de contenir des coefficients variables, que l'on faisait croître ou décroître d'une manière continue. Cette *introduction des variables continues dans la théorie des nombres* a été, entre les mains d'Hermite, le plus merveilleux et le plus souple des instruments de recherche. C'est grâce à elle qu'il put constituer d'une manière vraiment géniale sa méthode d'approximation d'une ou de plusieurs irrationnelles, donner d'une manière simple la réduction des formes quadratiques à un nombre quelconque de variables, et aussi obtenir la démonstration de cet admirable théorème qui devait être généralisé plus tard, sous un certain point de vue, par M. Camille Jordan : les racines des équations algébriques à coefficients entiers et d'un même discriminant s'expriment par un nombre limité d'irrationnelles distinctes.

Même dans ce résumé si rapide, il m'est impossible de négliger une autre considération féconde, celle des *formes quadratiques à indéterminées conjuguées,* qui jouent un rôle si important dans le domaine de

la variable complexe et qui permirent à Hermite d'étendre d'une manière complète aux irrationnelles imaginaires la théorie et les propriétés du développement en fraction continue. C'est en continuant les études arithmétiques d'Hermite sur les formes à indéterminées conjuguées et sur les formes quadratiques que M. Émile Picard a pu constituer sa belle théorie des groupes hyperfuchsiens et hyperabéliens.

Je ne saurais abandonner les formes quadratiques et les formes à indéterminées conjuguées sans rappeler l'usage qu'en fit Hermite pour donner des démonstrations nouvelles et originales des célèbres théorèmes de Sturm et de Cauchy relatifs à la séparation des racines. Ses travaux antérieurs l'avaient préparé à considérer les formes quadratiques formées avec des fonctions semblables des racines d'une équation; ils lui avaient même donné, sous une forme plus générale, cette propriété des formes quadratiques que Sylvester désigna sous le nom de *loi d'inertie*. L'expression, que Sylvester obtint, le premier, des polynomes de Sturm en fonction des racines de l'équation algébrique permit à Hermite de constituer une méthode entièrement nouvelle de démonstration, qui n'employait aucune considération de continuité et qui surtout avait l'avantage de pouvoir s'appliquer, sous les formes les plus variées, à plusieurs équations à plusieurs inconnues. Ces travaux, qui ont ouvert des voies aujourd'hui encore en partie inexplorées, se rattachaient à d'autres recherches dont il importe maintenant que nous donnions une idée.

VI.

Dans la théorie des formes quadratiques, les notions algébriques qui servent de soutien à la théorie étaient relativement simples. La considération du déterminant de la forme, celle de la forme adjointe suffi-

saient pour toutes les recherches. Mais, dès qu'on s'élevait aux formes binaires de degré supérieur, des éléments nouveaux se présentaient qu'Hermite et Eisenstein avaient déjà dû comprendre dans leurs études. Aussi, lorsqu'en 1845, un Mémoire célèbre de Cayley mit en pleine lumière la notion des invariants, que devait suivre celle des covariants donnée par Sylvester, Hermite était admirablement préparé à suivre les deux géomètres anglais dans la voie nouvelle où ils commençaient à s'engager. « Hermite, Cayley et moi, disait plus tard Sylvester, nous formions une trinité invariantive. » La part d'Hermite est belle dans cette création de toute une théorie. C'est à lui qu'il faut attribuer la célèbre loi de réciprocité (d'après laquelle, à tout covariant d'une forme de degré m et qui est du degré p par rapport aux coefficients de cette forme, correspond un covariant d'une forme de degré p qui est du degré m par rapport aux coefficients de cette forme, les deux covariants étant d'ailleurs du même degré par rapport aux variables homogènes), la découverte d'un covariant quadratique pour toutes les formes binaires de degré pair à partir du sixième degré, celle des covariants linéaires pour toutes les formes de degré impair à partir du cinquième degré, celle de l'invariant gauche du dix-huitième degré pour les formes du cinquième ordre, etc. Tous ces résultats sont exposés avec cette extrême élégance qui caractérise les travaux d'Hermite. Il avait le secret de ces transformations analytiques qui permettent de pénétrer au cœur d'une question de la manière la plus rapide et la plus imprévue.

VII.

Parmi ces études qui ont tant contribué au développement de l'Algèbre moderne, il faut distinguer celle qu'il a consacrée à la transformation de Tschirnhausen; car elle offre ce mérite inattendu de faire

rentrer dans le domaine des invariants une question qui paraissait leur échapper; il faut mentionner aussi ses recherches approfondies sur les formes du cinquième degré. C'est qu'il avait en vue un beau problème dont il allait bientôt apporter la solution. Déjà en 1847, Borchardt, un des meilleurs élèves de Jacobi, étant de passage à Paris, avait fait la connaissance d'Hermite, et il écrivait d'Oxford à son illustre maître :

« Hermite a vérifié et démontré les théorèmes de Galois relativement à l'abaissement de l'équation modulaire pour la transformation du cinquième, du septième et du onzième degré des fonctions elliptiques. En particulier, pour la transformation du cinquième ordre, l'équation modulaire du sixième ordre est la réduite d'une équation du cinquième ordre. Cette équation du cinquième ordre peut donc être résolue par les fonctions elliptiques. Hermite s'est donc posé le problème de rechercher si toutes les équations du cinquième ordre peuvent être ramenées à cette équation spéciale, ce qui est très vraisemblable puisqu'elle contient une constante arbitraire (18). »

Ce beau problème qu'Hermite s'était proposé à l'époque où il écrivait la première de ses quatre lettres à Jacobi, il ne le perdit pas de vue pendant onze ans. C'est en 1858 qu'il en apporta la solution à l'Académie des Sciences dont il était devenu membre le 13 juillet 1856, succédant à Binet dans la section de Géométrie. Utilisant la réduction de l'équation du cinquième degré à une équation trinome qui avait été effectuée depuis longtemps par Bring et Jerrard, à l'aide de la transformation de Tschirnhausen, Hermite identifia cette équation trinome à celle que lui fournissait la transformation du cinquième ordre des fonctions elliptiques, et put ainsi exprimer les cinq racines de l'équation du cinquième degré par des fonctions uniformes d'un même paramètre. C'était l'extension aux équations du cinquième degré du

résultat obtenu depuis longtemps à l'aide des fonctions trigonométriques pour l'équation du troisième degré. Cette découverte, qu'il étendit immédiatement à l'équation du quatrième degré, eut un immense retentissement. Il fut bientôt suivi dans la voie qu'il avait ouverte par Kronecker et Brioschi. Kronecker avait trouvé de son côté, mais sans la publier, une autre solution du problème si élégamment résolu par Hermite. S'empressant de communiquer cette nouvelle solution à l'Académie, Hermite en fit plus tard une étude approfondie.

VIII.

La fonction uniforme à l'aide de laquelle Hermite était parvenu au résultat qu'il avait en vue depuis si longtemps est la *fonction modulaire,* une des plus importantes de l'Analyse. Le génie pénétrant d'Hermite sut en reconnaître tout l'intérêt; il lui consacra un de ses plus beaux Mémoires. Elle offre le premier et mémorable exemple de ces fonctions engendrées par un groupe discontinu que M. Poincaré devait introduire en Analyse et qui, entre autres résultats, ont donné à notre confrère les moyens d'intégrer toutes les équations linéaires à coefficients algébriques. Rappelons également qu'entre les mains de M. Émile Picard, la fonction modulaire a permis d'établir des propriétés caractéristiques et très cachées des fonctions holomorphes.

Ces recherches sur la fonction modulaire se rattachaient à celles que Hermite n'a jamais cessé de faire sur les fonctions elliptiques. Les formules si élégantes qu'on rencontre dans cette théorie, ces transformations inattendues dont son génie analytique percevait toute la portée, étaient l'objet de ses incessantes méditations : « Je ne puis sortir du domaine elliptique, écrivait-il vers la fin de sa vie; là où la chèvre est attachée, dit le proverbe, il faut qu'elle broute (10). » Si quelque jeune géomètre venait lui demander une direction, il lui assi-

gnait comme but de devenir un *vir ellipticus,* ou bien il lui signalait comme digne d'éclaircissement quelque point particulier des *Fundamenta nova* de Jacobi. Ce qui l'attirait par-dessus tout, ce sont les relations que Jacobi avait commencé à mettre en évidence entre les transcendantes elliptiques et l'Arithmétique supérieure. J'aurai plus loin l'occasion d'y revenir.

IX.

Cependant, depuis le premier travail d'Hermite sur la division des fonctions abéliennes, deux géomètres allemands, Göpel et Rosenhain, et après eux Weierstrass avec une bien plus grande généralité, avaient résolu le problème posé par Jacobi de l'inversion des fonctions abéliennes à l'aide des fonctions θ généralisées. En 1855, une année avant sa nomination à l'Institut, Hermite revint sur cette belle théorie et publia, sur la transformation des fonctions abéliennes, un Mémoire que l'on s'accorde à regarder comme une de ses plus belles œuvres. Les difficultés qu'il y rencontrait étaient infiniment plus grandes que dans le problème correspondant de la théorie des fonctions elliptiques. Tandis que, dans les fonctions doublement périodiques, les deux périodes sont indépendantes, pour les fonctions abéliennes il existait entre les quatre périodes une relation bilinéaire qui devait être respectée par la transformation. Hermite a été ainsi conduit à constituer pour la solution du problème un groupe très intéressant de substitutions linéaires dont les propriétés ont ensuite trouvé leur emploi dans un grand nombre d'autres recherches. M. Camille Jordan l'a utilisé comme élément essentiel dans le beau problème de la résolution des équations algébriques par radicaux; il apparaît aussi dans le *Calcul des systèmes linéaires* de Laguerre, notre confrère regretté.

X.

C'est ainsi qu'Hermite poursuivait ses travaux sans suivre d'autre loi que celle du mouvement naturel de son esprit, sans se préoccuper des tendances qui se manifestaient autour de lui. A l'étranger, ses guides ou ses émules, Gauss, Jacobi, Dirichlet, Cayley, Borchardt, Sylvester, cultivaient, en même temps que la théorie pure, les applications à la Géométrie, à la Mécanique ou à la Physique. En France, Joseph Bertrand, Liouville, Ossian Bonnet s'attachaient à compléter les découvertes de Gauss en Géométrie, celles de Jacobi en Mécanique analytique. Quelques années auparavant, Fourier, en assignant comme but aux Mathématiques l'utilité publique et l'explication des phénomènes naturels, essayait de justifier son opinion par ces paroles, qui ont été souvent reproduites et qui, il faut bien le dire, contiennent quelque part de vérité :

« L'étude approfondie de la nature est la source la plus féconde des découvertes mathématiques. Non seulement cette étude, en offrant aux recherches un but déterminé, a l'avantage d'exclure les questions vagues et les calculs sans issue; elle est encore un moyen assuré de former l'Analyse elle-même, et d'en découvrir les éléments qu'il nous importe le plus de connaître et que cette Science doit toujours conserver : ces éléments fondamentaux sont ceux qui se reproduisent dans tous les effets naturels. »

Hermite ne se livrait pas à l'étude approfondie de la nature; il s'attachait à cultiver l'Algèbre, l'Arithmétique supérieure, l'Analyse transcendante, à révéler ou à utiliser les relations multiples qui unissent l'une à l'autre ces trois branches de la Science; mais, en restant confiné dans la région la plus abstraite des Mathématiques, dans celle

où règne le nombre pur suivant l'expression de M. Poincaré, il ne croyait pas s'écarter beaucoup de l'opinion de Fourier. Il pensait, et je cite ici ses propres expressions, que les nombres et les fonctions de l'Analyse ne sont pas le produit arbitraire de notre esprit, qu'ils existent en dehors de nous avec le même caractère de nécessité que les choses de la réalité objective et que nous les rencontrons ou les découvrons et les étudions de la même manière que les physiciens, les chimistes, les zoologistes, etc. ([20]). Cette doctrine était chez lui fort ancienne. On la voit poindre déjà, il me semble, dans un passage de ses lettres à Jacobi :

« On ne peut, dit-il, faire concourir trop d'éléments pour jeter quelque lumière sur cette variété infinie des irrationnelles algébriques dont les symboles d'extraction des racines ne nous représentent que la plus faible partie...; mais quelle tâche immense pour la théorie des nombres et le calcul intégral de pénétrer au milieu d'une telle multiplicité *d'êtres de raison,* en les classant par groupes irréductibles entre eux, de les constituer tous individuellement par des définitions caractéristiques et élémentaires ([21]). »

« Pour moi, écrivait-il plus tard à Stieltjes, je ne suis qu'algébriste et jamais je n'ai quitté la sphère des Mathématiques subjectives. Je suis toutefois bien convaincu qu'aux spéculations les plus abstraites de l'Analyse correspondent des réalités qui existent en dehors de nous et parviendront quelque jour à notre connaissance. Je crois même que les efforts des géomètres reçoivent à leur insu une direction qui les fait tendre vers un tel but, et l'histoire de la Science me paraît prouver qu'une découverte analytique survient au moment nécessaire pour rendre possible chaque nouveau progrès dans l'étude des phénomènes du monde réel qui sont accessibles au calcul ([22]). »

Ces idées revenaient à chaque instant dans la conversation d'Her-

mite; il les exprimait souvent aussi sur ses cahiers de calcul, avec plus de liberté d'esprit peut-être, et en laissant mieux transparaître sa croyance. Je leur emprunte le passage suivant :

« Il existe, si je ne me trompe, tout un monde qui est l'ensemble des vérités mathématiques, dans lequel nous n'avons accès que par l'intelligence, comme existe le monde des réalités physiques; l'un et l'autre indépendants de nous, tous deux de création divine, qui ne semblent distincts qu'à cause de la faiblesse de notre esprit, qui ne sont pour une pensée plus puissante qu'une seule et même chose, et dont la synthèse se révèle partiellement dans cette merveilleuse correspondance entre les Mathématiques abstraites d'une part, l'Astronomie et toutes les branches de la Physique de l'autre. »

Hermite était donc *réaliste* à la manière de Platon ou de Guillaume de Champeaux. Discuter ici sa doctrine, qui a quelque rapport aussi avec l'*harmonie préétablie,* ce serait reprendre la critique des Systèmes philosophiques depuis Pythagore jusqu'à nos jours. Il vaut mieux mettre en évidence les points de vue qu'il y rattachait.

Si les mathématiciens se transforment en naturalistes pour observer les phénomènes du monde arithmétique, il faut qu'une part soit faite en Analyse à la méthode d'observation. Hermite ne reculait pas devant cette conséquence; il la développait dans une Note étendue qu'il a écrite pour Chevreul et que celui-ci a insérée dans un de ses nombreux Mémoires philosophiques ([23]).

« Il sera toujours difficile, dit Hermite, dans toute branche de nos connaissances, de rendre compte avec quelque fidélité de la méthode suivie par les inventeurs; il faut même croire que l'auteur d'une découverte pourrait seul apprendre comment, avec les moyens toujours faibles de notre esprit, une vérité nouvelle a été obtenue. Mais c'est peut-être à l'égard des Mathématiques que le fait intellectuel de

l'invention semble le plus mystérieux ; car la série de ces transitions où l'on reconnaîtrait la voie réellement suivie dans la recherche, le plus souvent n'apparaît pas d'une manière sensible dans la démonstration. Cette facilité d'isoler ainsi la preuve et d'ajouter à la concision du raisonnement, sans lui rien ôter de sa rigueur et de sa clarté, explique toute la difficulté de l'analyse des méthodes en Mathématiques. On peut néanmoins, à l'égard des procédés intellectuels propres aux géomètres, faire cette remarque fort simple, que justifiera l'histoire même de la Science, c'est que *l'observation y tient une place importante et y joue un grand rôle.*

» *Toutes les branches* des Mathématiques fournissent des preuves à l'appui de cette assertion, mais je les choisirai de préférence dans une de celles qu'on regarde comme *plus abstraites*. Je veux parler de la *théorie des nombres.* »

Et Hermite citait, comme exemples de faits constatés *d'abord* par l'observation, la périodicité du développement en fractions continues des racines d'une équation du second degré à coefficients entiers, la loi de réciprocité pour les résidus quadratiques, la loi de réciprocité pour les résidus cubiques qu'on voit, disait-il, dans les Œuvres posthumes d'Euler, déduite par l'observation, dans les termes mêmes où elle a été démontrée par Jacobi ; il rappelait également que Jacobi, voulant reconnaître s'il est vrai que tout nombre soit la somme de neuf cubes, suivant une proposition énoncée par Waring, avait fait construire par un calculateur habile des Tables qui donnaient, jusqu'au nombre 12000, toutes les décompositions d'un entier en une somme de cubes. Sa Note se terminait par quelques observations sur le rôle de l'observation dans les procédés mêmes de démonstration des théorèmes ([24]).

Hermite voyait donc les faits analytiques se dresser devant lui comme des « êtres de raison » et son esprit pénétrant en découvrait sans peine les caractères essentiels ; mais ce qui l'attirait et le fascinait

par-dessus tout, ce sont les rapports mystérieux, inattendus, que manifeste la marche de la Science entre ceux qui, au premier abord, peuvent paraître le plus distincts. C'est un point sur lequel il ne se lasse pas de revenir.

« C'est Riemann, nous dit-il quelque part, qui a reconnu le rôle important des points multiples et révélé par ses profondes découvertes une correspondance imprévue et du plus haut intérêt entre la Géométrie et les théories les plus abstraites du Calcul intégral ([25]). »

En parlant des travaux de Lægendre et de Gauss sur la décomposition des nombres en carrés, il écrivait :

« Ces illustres géomètres, en poursuivant au prix de tant d'efforts leurs profondes recherches sur cette partie de l'Arithmétique supérieure, tendaient ainsi à leur insu vers une autre région de la Science et donnaient un exemple de cette mystérieuse unité qui se manifeste parfois entre les travaux analytiques les plus éloignés ([26]). »

Et dans sa belle Notice sur Kronecker, voici les réflexions qu'il présente à propos des rapports si singuliers entre la théorie des fonctions elliptiques et celle des formes quadratiques :

« M. Kronecker a mis en évidence que la théorie des formes quadratiques de déterminant négatif a été une anticipation de la théorie des fonctions elliptiques ; de telle sorte que les notions de classes et de genres, celles des déterminants réguliers et de l'exposant d'irrégularité auraient pu s'obtenir par l'étude analytique et l'examen des propriétés de la transcendante. Cette correspondance que rien ne pouvait faire prévoir entre deux ordres si distincts, si éloignés, de connaissances mathématiques est une surprise pour l'esprit. Elle appelle l'attention sur la marche de la Science qui nous est en partie cachée et sur une

secrète coordination de nos travaux qui seconde nos efforts et concourt à son développement. »

On pourrait multiplier les citations, mais il importe que je continue le récit de la glorieuse carrière d'Hermite.

XI.

Pendant qu'il remplissait ses fonctions d'examinateur, ses amis et ses camarades entrés dans l'Enseignement proprement dit étaient nommés au Collège de France, à l'École Polytechnique, à la Sorbonne. Hermite leur fit part de son désir d'obtenir une chaire où il pût exposer ses travaux; malheureusement, et malgré tous leurs efforts, cette ambition si légitime ne put recevoir qu'une satisfaction tardive.

Déjà lorsqu'en 1848, Libri, obligé de quitter la France, laissa vacant son enseignement au Collège de France, Hermite y fut chargé, sur la proposition unanime des professeurs, d'un cours de Mathématiques qui dura deux ans ([27]). Le fruit de cet enseignement fut un Mémoire où Hermite exposait la théorie des fonctions doublement périodiques sous un point de vue essentiellement original. Ce Travail, présenté à l'Institut en 1849, ne nous a pas été conservé. Nous le connaissons seulement par le Rapport que lui a consacré Cauchy. Mais il devait être rappelé ici, car il inaugure ce que l'on peut appeler *la troisième période de la théorie des fonctions elliptiques*, celle où les théories de Cauchy donnent enfin le secret et la véritable explication de la double périodicité. Des indications données par Cauchy dans son Rapport et dans une Note qui parut en même temps ([28]), on peut conclure que, dès cette époque, Hermite s'était arrêté au mode d'exposition de la théorie des fonctions ellip-

tiques qu'il adopta plus tard dans son enseignement et dans la Note célèbre ajoutée à l'ouvrage de Lacroix.

En 1862, et sur l'initiative de Pasteur, qui voulait accroître l'éclat de l'enseignement mathématique à l'École Normale, une nouvelle Maîtrise de conférences fut créée dans cette école et confiée à Hermite, qui devait l'occuper pendant sept ans. J'ai été un des premiers à recueillir son enseignement; mais je préfère laisser la parole à celui qui, dans le livre du *Centenaire,* s'est fait l'interprète de nos sentiments communs.

« Que de remarques fines ou profondes, écrit M. Tannery, à propos de sujets rebattus. Quelle lumière jetée sur d'autres sujets que le maître se plaisait à éclairer de loin. Que d'exemples merveilleusement propres à illustrer la matière, tout en captivant l'auditeur par l'intérêt qu'ils portaient en eux.

» J'ai entendu dire à M. Giard que l'enseignement qu'il avait le plus goûté à l'École était celui de M. Hermite. M. Giard n'avait pourtant, dès cette époque, aucune hésitation sur la voie où il voulait s'engager : c'étaient les sciences naturelles qui l'attiraient, la science de ce qui est vivant. En écoutant M. Hermite, il avait l'illusion d'être dans le domaine où il se complaisait déjà, d'y voir les êtres se distinguer, se classer, se métamorphoser, se transformer les uns dans les autres ([29]). »

En 1869, M. Duhamel ayant pris sa retraite, Hermite lui succéda à la fois à l'École Polytechnique et à la Sorbonne. Après une courte suppléance, il fut nommé professeur d'Algèbre supérieure à la Faculté des Sciences, le 18 mai 1870; il avait été nommé professeur d'Analyse à l'École Polytechnique, le 11 novembre 1869. Il devait occuper cette dernière chaire jusqu'en 1876. A cette époque il voulut se consacrer exclusivement à son enseignement de la Sorbonne et fut remplacé à l'École Polytechnique par M. Camille Jordan.

Nous ne connaissons guère son enseignement à l'École Polytechnique que par quelques cours autographiés, qui n'ont pas reçu de véritable publication, et par un volume imprimé, le *Cours d'Analyse de l'École Polytechnique,* dont la première Partie seule a paru. C'est un ouvrage ayant cette élégance concise, cet accent original et personnel qui permettent de reconnaître toutes les œuvres du maître. Le lion se reconnaît à la griffe. Mais, dans les feuilles autographiées, il y a aussi beaucoup de parties originales qui mériteraient d'être reprises et publiées.

Dans une de ses lettres à Legendre, Jacobi exprimait, en 1832, le vœu suivant :

« Les fonctions elliptiques et la science des nombres ne devraient pas manquer à l'avenir dans les leçons données aux élèves de l'École Polytechnique, si l'on veut que ces leçons soient conformes aux progrès du temps. Quant à moi, je donne des leçons régulières sur ces belles théories et je vois avec plaisir les élèves de notre Université s'emparer avec empressement de ces matières. Vous verrez plusieurs de leurs travaux dans les volumes suivants du *Journal de Crelle*. Ce sont encore, Monsieur, les fruits de vos travaux que ces branches de la Science, jadis peu connues, vont devenir la possession commune des géomètres. »

Ce désir était formulé dans une lettre particulière; mais, alors même qu'il l'aurait été publiquement, il n'aurait pas été écouté. Les préoccupations des géomètres français étaient ailleurs. Si l'on avait à ce moment songé à développer l'enseignement, on aurait ajouté sans doute quelques leçons sur le calcul des probabilités, sur les théories de l'attraction, de la chaleur, et peut-être de la capillarité. Malgré toute l'autorité de Legendre, les fonctions elliptiques auraient été sans doute réduites à ce que nous en avait appris Euler. C'est Hermite qui, pour la première fois, a donné satisfaction réelle et complète, au moins en

ce qui concerne les fonctions elliptiques, au vœu si légitime de Jacobi. Il exprimait parfois le regret que la théorie des nombres fût encore exclue de notre enseignement régulier. Malheureusement il n'a jamais fait sur ce sujet une proposition à laquelle sa situation scientifique aurait donné une autorité irrésistible; mais, en ce qui concerne les fonctions elliptiques et la théorie des fonctions, son enseignement de la Sorbonne a été non seulement à la hauteur de tous les progrès, il a été encore, et surtout, un guide et un initiateur. Pour savoir quelle action il a exercée, écoutons quelques-uns de ses meilleurs élèves.

« Ceux qui l'ont entendu, nous dit M. Picard, garderont toujours le souvenir de cet enseignement incomparable. Quelles merveilleuses causeries, d'un ton grave que relevait par moment l'enthousiasme, où, à propos de la question la plus élémentaire, il faisait surgir tout à coup d'immenses horizons et où, à côté de la Science d'aujourd'hui, on apercevait tout à coup la Science de demain. Jamais professeur ne fut moins didactique, mais ne fut plus vivant (**). »

« Ceux qui ont eu l'heureuse fortune d'être les élèves du grand géomètre, écrit M. Painlevé, ne sauraient oublier l'accent presque religieux de son enseignement, le frisson de beauté ou de mystère qu'il faisait passer à travers son auditoire devant quelque admirable découverte ou devant l'inconnu. Hermite fut un professeur incomparable, sa parole saisissante ouvrait brusquement de larges horizons sur les régions de la Science; elle suggérait à la curiosité et à l'attention les problèmes nouveaux et essentiels; mais surtout elle communiquait l'amour et le respect des idéales vérités. Dans l'inoubliable journée de son jubilé, en accueillant l'hommage d'admiration de tous les pays civilisés, l'illustre Analyste parle en termes pleins de noblesse de la corrélation *étroite et secrète qui existe entre le sentiment de la justice et du devoir et l'intelligence des vérités absolues de la Géométrie*. Cette corrélation semblait évidente quand on écoutait ses leçons (**). »

« Nos élèves, nous dit M. Tannery en parlant de l'École Normale, continuent de recevoir à la Sorbonne un enseignement dont l'éclat n'a fait que grandir; ils écoutent cette parole d'une éloquence si particulière où il y a du recueillement, de la solennité et une sorte de tendresse passionnée. Ils jouissent de cette lumière qui va jusqu'au fond des choses, qui les sépare et les réunit, qui en montre les liens les plus délicats, qui donne aux abstractions mathématiques la couleur et la vie ([21]). »

« C'est à la Sorbonne, écrit M. Borel, que j'ai suivi les leçons d'Hermite; c'est là que j'ai entendu cette parole si vivante exposer, avec respect à la fois et avec amour, les belles vérités de l'Analyse. C'était un grand prêtre de la divinité du Nombre qui nous en dévoilait les mystères redoutables et sacrés. Les questions les plus arides, les calculs en apparence les plus ingrats se transfiguraient, tant il avait l'intuition de leurs secrètes beautés. Quelques-uns peut-être ont eu, autant qu'Hermite, le pouvoir de faire comprendre et admirer les Mathématiques; nul n'a su les faire aimer aussi profondément que lui ([22]). »

Ces citations, que je pourrais multiplier, sont de nature à mettre en évidence l'action prépondérante que l'enseignement d'Hermite a eu dans les dernières années du XIX^e^ siècle sur le développement de la jeune école mathématique française. A l'étranger, son influence n'a pas été moins grande, et sa chaire de la Sorbonne a été pendant trente ans un des foyers les plus actifs du travail mathématique. Quatre éditions successives ont répandu le Cours d'Hermite. Il a été étudié et commenté dans toutes les Universités du monde. En Allemagne, en Italie, en Suède, en Amérique, c'est dans les leçons de la Sorbonne que l'on étudiait la théorie des fonctions elliptiques et la théorie des fonctions. On les louait à la fois pour le soin donné à la partie historique et pour la simplicité de l'exposition. On était charmé de la lumière que le maître répandait sur les parties les plus difficiles et les plus délicates, des

exemples élégants dont il enrichissait les théories. Que dis-je, l'enthousiasme que provoquaient ses Leçons s'étendait jusqu'aux étudiants qui les suivaient. On les félicitait de leur ardeur, des efforts couronnés de succès qu'ils déployaient pour élargir leur horizon et s'assimiler des théories aussi élevées. Aux étudiants français venaient d'ailleurs se joindre des camarades étrangers. Hermite les accueillait les uns et les autres, toujours prêt à prodiguer les encouragements et les conseils. Ce n'était pas d'ailleurs à de simples conseils qu'il limitait son action bienfaisante; et tous ceux qui avaient acquis à ses yeux le droit de se réclamer de lui le trouvaient prêt à multiplier les démarches, à donner les témoignages qui pouvaient faciliter leur carrière ou assurer leur avenir.

XII.

Les devoirs d'un enseignement ainsi compris étaient lourds, ils n'arrêtèrent pas pourtant l'activité créatrice d'Hermite. Son cours l'entraîna sans doute à s'occuper de quelques questions importantes de Calcul intégral, les intégrales eulériennes, les fonctions de Bernoulli, par exemple, dont il renouvela la théorie; mais il resta fidèle aux études favorites de sa jeunesse, et son plus beau Mémoire peut-être, celui qu'il a consacré à la fonction exponentielle et qui date de 1873, n'est qu'une application des méthodes générales d'approximation des irrationnelles dont il avait fait connaître le principe dans ses Lettres à Jacobi. Ce Mémoire marque une date et contient une des plus belles découvertes que les Mathématiques aient faites dans tous les temps; mais, pour la faire bien comprendre, il est nécessaire que nous entrions dans des développements assez étendus.

Dès leurs premières études, les Mathématiciens ont rencontré, à côté des entiers et des fractions, réunis sous la dénomination de

nombres commensurables, les nombres dits *incommensurables,* ou mieux *irrationnels.* Les Grecs apprirent à construire, avec la règle et le compas, certains de ces nombres irrationnels qui s'expriment à l'aide de radicaux carrés ; ils purent, par exemple, résoudre le problème de la duplication du carré ; mais, malgré tous leurs efforts poursuivis pendant des siècles, il leur fut impossible de résoudre par les mêmes moyens les problèmes analogues de la duplication du cube et de la trisection de l'angle, c'est-à-dire de construire, à l'aide de lignes droites et de cercles seulement, des irrationnelles définies par une équation irréductible du troisième degré. Archimède fut conduit par ses recherches sur la quadrature du cercle et la rectification de la circonférence à reconnaître que ces deux problèmes se ramenaient l'un à l'autre et dépendaient de la détermination d'une irrationnelle d'un genre tout nouveau, le nombre π puisqu'il faut l'appeler par son nom. Les trois problèmes de la duplication du cube, de la trisection de l'angle et de la quadrature du cercle nous ont été légués par les anciens. Si l'on y joint la recherche du mouvement perpétuel, on peut dire qu'ils constituent une charge lourde et un embarras pour les Académies. Il ne se passe pas de séance que nous ne recevions de communication sur l'un ou l'autre de ces quatre problèmes, souvent sur tous à la fois. Ce qui ajoute au zèle des inventeurs, c'est la croyance très répandue que, comme il est arrivé autrefois pour le célèbre problème des longitudes, les Gouvernements ont en réserve une forte somme d'argent destinée à celui qui les résoudra ; l'inventeur du mouvement perpétuel est d'ailleurs très fondé à penser, et c'est le seul point sur lequel il raisonne juste d'ordinaire, qu'il trouvera dans sa découverte même la récompense et le prix de ses efforts. En 1775, notre Académie décida formellement qu'elle ne s'occuperait plus désormais des communications relatives à ces quatre problèmes. Les motifs de sa résolution sont consignés dans une déclaration qui fut rédigée par Condorcet, alors Secrétaire perpétuel, et qui a été imprimée dans nos Mémoires ([83]). Ils

ont été résumés en 1791 dans une lettre écrite par Condorcet à l'Assemblée Constituante qui, ayant reçu d'un pétitionnaire une solution du problème de la trisection de l'angle, l'avait renvoyée à l'examen de l'Académie.

« En 1775, dit Condorcet, l'Académie a pris et rendu publique la résolution de ne plus examiner ni trisection de l'angle, ni duplication du cube, ni quadrature du cercle, ni mouvement perpétuel.

» Les problèmes de la trisection de l'angle et de la duplication du cube sont résolus depuis deux mille ans, et, si l'on cherche encore à les résoudre, ce n'est que par une ignorance absolue de ces questions. L'impossibilité de la quadrature du cercle est aussi démontrée que peut l'être une chose de ce genre, et celle du mouvement perpétuel l'est également. Ainsi, en renonçant à examiner les prétendues solutions nouvelles de tous ces problèmes, l'Académie a été bien sûre de n'exclure aucun travail utile.

» Le motif qui l'a déterminée à les examiner pendant longtemps a été uniquement la crainte de paraître adopter en corps une opinion, et elle a mieux aimé employer quelquefois de la manière la plus inutile le temps des Académiciens que d'avoir l'air de donner son jugement comme une chose éternelle. Mais le nombre de ceux qui consument une partie de leur vie à ces vaines recherches, dont tout le fruit est de nuire à leur fortune et trop souvent d'altérer leur raison, l'a déterminée à prendre une résolution qu'elle a cru propre à les détourner de cette occupation. Elle a craint que, si elle continuait à examiner leurs solutions, elle pût être accusée de les encourager à s'en occuper, et qu'elle ne se rendît en quelque sorte complice des malheurs qui leur arrivent (34). »

On peut souscrire sans hésitation aux considérations morales que développe Condorcet; aujourd'hui encore leur vérité nous frappe tous

les jours, ou du moins tous les jours de séance. Mais la partie mathématique de la lettre laisse plus à désirer. Condorcet était un esprit universel; le temps lui manquait pour donner à ses travaux mathématiques la rigueur et la précision nécessaires. Il n'était pas vrai que le problème de la duplication du cube et celui de la trisection de l'angle fussent résolus depuis deux mille ans. Il n'était pas vrai non plus que l'impossibilité de la quadrature du cercle fût démontrée autant que peut l'être une chose de ce genre. Ce qui était vrai, c'est que l'Académie avait affaire quatre-vingt-dix-neuf fois sur cent à des inventeurs qui ne se rendaient même pas compte de l'énoncé des problèmes dont ils recherchaient imprudemment la solution. Descartes et Newton n'avaient pas dédaigné de s'occuper de la duplication du cube et de la trisection de l'angle. Descartes, en particulier, en avait donné de belles solutions en employant seulement une parabole et un cercle. En réalité, c'est à un géomètre tout contemporain, à Wantzel dont j'ai déjà prononcé le nom, que l'on doit, je crois, la première démonstration connue de l'impossibilité de résoudre ces deux problèmes à l'aide de la règle et du compas. En ce qui concerne la quadrature du cercle, on avait calculé le nombre π avec une grande approximation, soit en suivant la méthode même d'Archimède, soit en utilisant les développements en série fournis par le Calcul infinitésimal; mais, en réalité, tout ce que l'on savait à l'époque de Condorcet sur la nature même de ce nombre, c'est qu'il est incommensurable. La démonstration en avait été donnée pour la première fois en 1761 par un géomètre des plus pénétrants, Lambert, dans les *Mémoires de l'Académie de Berlin*. On n'avait pas même démontré que ce nombre ne peut être racine d'une équation du second degré à coefficients entiers; et, à plus forte raison, il n'était pas établi qu'on ne peut le construire à l'aide de la règle et du compas.

Il y avait une différence essentielle entre les différentes irrationnelles qui se présentent dans les trois problèmes que nous venons

d'énumérer. Pour la duplication du cube et la trisection de l'angle, les inconnues, définies par une équation du troisième degré, étaient comprises dans cette classe générale d'irrationnelles qui sont les racines des équations algébriques de tous les degrés. Mais en dehors de ces nombres *algébriques*, dont les profondes recherches d'Hermite ont commencé l'étude et la classification, l'Analyse infinitésimale nous en fournit d'autres, formant des classes encore plus étendues : tel est le rapport de la circonférence au diamètre; tels sont le nombre e, base des logarithmes naturels, la *constante d'Euler* et une foule d'autres qu'il serait même impossible d'énumérer. Pour en pénétrer la nature, il faut se demander d'abord si ces irrationnelles ne seraient pas, dans tous les cas, assujetties à satisfaire à une équation algébrique de degré convenablement choisi. On pourrait le soutenir. Tout nombre rationnel est donné par une équation du premier degré à coefficients entiers : pour un nombre irrationnel donné, ne peut-on s'adresser d'abord aux équations du second degré pour voir s'il en est une qu'il vérifie, puis, si les essais sont infructueux, passer aux équations du troisième, du quatrième degré, et ainsi de suite indéfiniment. Ne finira-t-on pas ainsi, puisque le nombre des essais est illimité, par obtenir une équation algébrique définissant l'irrationnelle et permettant de l'étudier? Ce raisonnement, si c'en est un, ne serait pas accepté, je me hâte de le dire, par les bons esprits. Legendre, en reprenant dans sa *Géométrie* la démonstration que Lambert a donnée de l'incommensurabilité de π et en l'étendant au carré de ce nombre, ajoute en terminant :

« Il est probable que le nombre π n'est même pas compris dans les irrationnelles algébriques, c'est-à-dire qu'il ne peut être la racine d'une équation algébrique d'un nombre fini de termes dont les coefficients soient rationnels; mais il paraît difficile de démontrer rigoureusement cette proposition. »

C'est à un géomètre français, Liouville, qu'on doit la première démonstration connue de ce fait qu'en dehors des irrationnelles algébriques, il peut en exister une infinité d'autres, que nous appellerons désormais *nombres transcendants*. Généralisant le beau théorème de Lagrange sur les propriétés de périodicité du développement en fraction continue des racines des équations quadratiques, Liouville a démontré une propriété nécessaire du développement de toute irrationnelle algébrique en fraction continue. Comme il était facile de construire une infinité d'irrationnelles pour lesquelles cette propriété nécessaire n'a pas lieu, il était ainsi établi qu'il existe des classes étendues de nombres transcendants.

Depuis Liouville, les belles et philosophiques recherches de M. G. Cantor sur la théorie des ensembles nous ont appris que les nombres algébriques ne forment qu'une classe très particulière dans la foule immense des nombres transcendants; mais cette classe est si dense que l'on comprend très bien la remarque de Legendre et l'extrême difficulté qu'il doit y avoir à établir la preuve qu'une irrationnelle ne peut lui appartenir.

C'est cette preuve si difficile qu'Hermite nous a apportée pour le nombre le plus important de l'Analyse, le nombre e, base des logarithmes népériens. Il l'a obtenue en appliquant aux diverses puissances de e les méthodes générales qu'il avait données pour l'approximation simultanée de plusieurs irrationnelles.

Il est inutile de faire remarquer la différence très nette entre ce résultat capital et celui de Liouville. Dans les considérations, si ingénieuses d'ailleurs, qu'il a présentées, Liouville disposait, en quelque sorte, et du nombre, et de la démonstration. Ses irrationnelles ont été imaginées pour que la démonstration pût s'y appliquer et, d'ailleurs, elles ne se rattachent à aucune question d'Analyse. Hermite, au contraire, s'adressait à une irrationnelle déterminée, jouant en Analyse un rôle fondamental.

Quand son beau Mémoire commença à paraître en 1873 dans nos *Comptes rendus,* il fit sensation, et l'un de ses meilleurs amis, Borchardt, lui écrivit pour lui demander s'il ne s'attaquerait pas aussi au nombre π. En lui envoyant immédiatement une démonstration nouvelle et élégante du théorème de Legendre relatif à l'incommensurabilité de π^2, Hermite commençait sa lettre en ces termes :

« Je ne me hasarderai point à la recherche de la transcendance du nombre π. Que d'autres tentent l'entreprise, nul ne sera plus heureux que moi de leur succès; mais, croyez-m'en, mon cher ami, il ne laissera pas de leur coûter quelques efforts. »

Neuf ans après cependant, en 1882, un géomètre des plus distingués, M. Lindemann, trompait ces prévisions pessimistes. Utilisant les relations que Euler a établies entre les nombres e et π, il généralisait d'une manière très ingénieuse la méthode d'Hermite, et obtenait la démonstration si longtemps attendue, non seulement de l'impossibilité de la quadrature du cercle, mais encore de la transcendance du nombre π.

« On peut, dit M. Camille Jordan, légitimement revendiquer pour Hermite une part de ce beau résultat; car il a été obtenu en imitant la marche qu'il avait suivie pour l'exponentielle. »

La haute importance de toutes ces découvertes a naturellement suscité l'attention et provoqué une foule de recherches. On a simplifié les démonstrations des inventeurs. Elles peuvent aujourd'hui être mises à la portée d'un bon élève de nos lycées. En applaudissant à ces modifications, remarquons toutefois qu'elles prennent une forme bien synthétique et qu'elles conservent toutes la pierre angulaire de la démonstration d'Hermite : je veux dire ce polynome à facteurs multiples qui se présente si naturellement quand il

applique au cas particulier sa méthode générale d'approximation. Certes, il y a toujours grand intérêt à démontrer par des voies différentes et, par suite, à présenter sous un aspect nouveau, une proposition importante: mais on n'aura trouvé une démonstration vraiment différente de celle d'Hermite que le jour où toute trace aura disparu de son polynome fondamental.

XIII.

Quelque temps après ce travail sur l'exponentielle, qui demeurera toujours son titre le plus accessible aux profanes, Hermite entreprit la publication d'une série d'articles sur les *applications des fonctions elliptiques*. Ses recherches incessantes l'avaient conduit à prendre comme point de départ, pour l'étude des fonctions doublement périodiques, une belle formule de décomposition en éléments simples, qui rend les intégrations immédiates et introduit de l'ordre et de la méthode dans cette théorie si touffue. Ici, il envisageait de nouvelles fonctions, extrêmement voisines des anciennes, auxquelles il donna le nom de *fonctions doublement périodiques de deuxième et de troisième espèce,* et auxquelles il étendit sa formule de décomposition. Les méthodes puissantes qu'il instituait ainsi le conduisirent à intégrer, dans tous les cas, une équation linéaire du second ordre, que Lamé avait rencontrée dans ses recherches sur le mouvement de la chaleur à l'intérieur d'un ellipsoïde. Toutes ces découvertes, dont il serait difficile de donner ici une idée plus complète, ont servi de point de départ aux théorèmes généraux de M. Émile Picard sur l'intégration d'une classe nouvelle et étendue d'équations différentielles linéaires et aux importantes études de M. Paul Appell sur les fonctions à multiplicateurs. Elles permirent à Hermite lui-même de donner des solutions nouvelles et originales pour plusieurs problèmes mécaniques de

grande importance" : la rotation d'un corps solide autour d'un point fixe, le mouvement du pendule conique, la détermination de la courbe élastique, c'est-à-dire de la figure d'équilibre d'un ressort. Ces applications, qu'Hermite avait semblé fuir pendant toute sa vie, venaient en quelque sorte le solliciter par l'intermédiaire de ses chères fonctions elliptiques et lui donner l'occasion de couronner sa carrière par un de ses plus beaux travaux.

XIV.

Ainsi s'écoulait calme et solitaire la vie du grand analyste; mais ses recherches, qu'il devait poursuivre jusqu'à son dernier jour, son cours de la Sorbonne, sa correspondance, sur laquelle je reviendrai plus loin, ne suffisaient pas à la remplir tout entière. Son cœur généreux le portait à concourir à toutes les grandes et belles œuvres. Très incrédule dans sa jeunesse, il avait été ramené à la foi catholique, en 1856, par Cauchy, au cours d'une maladie grave, une petite vérole qui mit ses jours en danger. Trois ans après, il témoignait sa reconnaissance au grand géomètre disparu, dans la dédicace qu'il plaçait en tête de son Mémoire sur les équations modulaires : *Venerandæ memoriæ eximii viri Augustini Cauchy hoc qualecumque munus libenter accipias et ex beata æternæ felicitatis sede animum sanctæ amicitiæ pie memorem benigne aspicere digneris*. L'attachement qu'à partir de ce jour il manifesta pour la religion à laquelle il était revenu s'allia sans effort au respect le plus scrupuleux de toutes les croyances et de toutes les opinions. Toujours prêt à entendre et même à discuter les affirmations les plus contraires à ses idées, il demandait seulement, et il en avait assurément le droit, que l'on voulût bien s'abstenir de toute légèreté, de toute raillerie,

dans l'examen ou la discussion des questions si graves qui ne cessaient de le préoccuper.

S'il n'abordait pas volontiers certains sujets, qui relèvent de la conscience individuelle, en revanche il était toujours disposé à prendre l'initiative pour s'entretenir, avec ses amis et ses correspondants, du cours des événements politiques. L'avenir de notre pays le préoccupait; il était d'un pessimisme dont j'ai vu peu d'exemples, et j'avoue que, malgré tout le plaisir que j'avais à le voir, il m'arrivait quelquefois de redouter sa conversation.

Un jour que je lui avais écrit, il me répondait par une lettre affectueuse, en se plaignant de n'avoir vu que mon écriture et me priant d'aller m'entretenir avec lui :

« Mais, ajoutait-il, ne venez point et fuyez-moi si vous ne voulez entendre des plaintes, des regrets qui débordent d'amertume et de tristesse, des raisons longuement réfléchies de désespérance, des craintes et des pressentiments de catastrophes. »

La foi d'Hermite se conciliait aussi très bien avec une conception vraiment large et vraiment personnelle du rôle et de l'importance de la recherche scientifique. Il aimait à répéter que le labeur scientifique approfondi contient un enseignement qui va bien au delà de l'objet propre de la Science. Mais c'est surtout sur l'influence bienfaisante de ses études de prédilection, de l'enseignement mathématique, qu'il revenait le plus volontiers et le plus souvent :

« Une rigoureuse discipline de l'esprit, dit-il dans le discours de présidence qu'il a prononcé en 1889, prépare aux devoirs militaires, et l'on ne peut douter que les études mathématiques contribuent à former cette faculté d'abstraction indispensable au chef pour se faire une représentation, une image intérieure de l'action, par laquelle il

se dirige, en oubliant le danger, dans le tumulte et l'obscurité du combat. »

Et ailleurs, dans le discours qu'il prononça lors de son Jubilé :

« L'École Normale et l'École Polytechnique sont deux branches d'une même famille, étroitement unies par le sentiment de la justice et du devoir, sentiment lié d'une manière secrète à l'enseignement mathématique, mais si certaine que, sans en avoir aucunement le privilège, il semble passer de l'intelligence à la conscience et s'impose comme les vérités de la Géométrie. »

L'homme qui s'exprimait ainsi était assurément incapable de montrer quelque préoccupation étroite dans la conduite de la vie; j'ai passé près de quarante ans auprès de lui, ayant part à sa confiance et à son affection. Que de fois j'ai pu constater sa bienveillance foncière et sa bonté. Jamais je ne l'ai vu accueillir la moindre insinuation malveillante; il prêtait toujours aux autres les sentiments élevés qui l'animaient.

XV.

De tout temps, il avait entretenu une correspondance étendue avec les géomètres de tous les pays. Cette correspondance avait commencé avec des maîtres tels que Jacobi et Dirichlet, avec des émules qui étaient devenus pour lui des amis bien chers, et dont la perte devait beaucoup l'attrister, Borchardt, Cayley, Sylvester, Brioschi. Peu à peu, elle s'était beaucoup développée, car il répondait à tous ceux qui sollicitaient ses conseils ou lui soumettaient leurs travaux. On pourra la publier un jour : on y trouvera, en même temps que le témoignage de la candeur et de la bonté la plus inépuisable, le tableau

le plus intéressant de la vie mathématique au XIX^e^ siècle. Et d'ailleurs, de ce que j'avance la preuve n'est-elle pas déjà faite? N'avons-nous pas les deux volumes de la correspondance qu'il échangea, de 1882 à 1894, avec un jeune géomètre hollandais, Thomas Stieltjes, doué du plus beau talent mathématique, mais voué à une mort prématurée. C'est à Hermite, c'est à ses démarches incessantes, que j'ai été heureux de seconder, que Stieltjes a dû cette chaire de la Faculté des Sciences de Toulouse, où il a rendu tant de services et où il a pu produire tant de beaux Mémoires, qui demeureront le patrimoine glorieux de ses enfants, devenus français. Ce qu'Hermite a fait pour Stieltjes donne la mesure de ce qu'il tentait pour tous ceux, élèves ou amis, qui s'adressaient à lui. Sans aucune préoccupation personnelle, jugeant les idées qui lui étaient soumises avec une pénétration qui leur ajoutait toujours quelque chose, il répandait avec la plus grande libéralité, sans rien réserver pour lui-même, ces indications précieuses qui aident à franchir le pas difficile et inspirent une longue suite d'excellents travaux.

Aussi lorsqu'en 1892, un Comité composé de ses élèves et de ses amis émit l'idée de célébrer son soixante-dixième anniversaire, les appels qu'il adressa trouvèrent partout l'accueil le plus chaud. Sur les listes de souscription, à côté des noms illustres de v. Helmholtz, de lord Kelvin, de Weierstrass, etc., on lisait ceux des élèves de nos lycées, ceux des étudiants de toutes les Universités, unis dans un sentiment de reconnaissance et de commune admiration. Le 24 décembre 1892, les membres du Conseil de l'Université, les collègues, les élèves, les amis d'Hermite, plusieurs de ses compatriotes lorrains, se réunirent à la Sorbonne pour offrir au grand géomètre la médaille qui reproduisait ses traits, une des plus belles de toutes celles que nous devons à notre illustre confrère Chaplain. Toutes les Académies du monde, dont Hermite avait été nommé membre depuis longtemps, avaient envoyé des adresses ou des délégués. Je n'insisterai pas sur

cette touchante cérémonie dont le compte rendu a été publié; elle fut douce au cœur d'Hermite, elle lui apporta ce qu'il estimait la meilleure récompense de ses efforts. Le Ministre de l'Instruction publique, M. Charles Dupuy, avait tenu à la présider. La même semaine devait avoir lieu le Jubilé de Pasteur. Puisse la Sorbonne revoir dans l'avenir beaucoup de fêtes aussi glorieuses pour notre pays.

XVI.

Cependant les atteintes de l'âge, sans éteindre l'ardeur d'Hermite, venaient progressivement diminuer ses forces. Son Cours de la Sorbonne commençait à devenir pour lui une charge, tant il mettait de soin à le préparer :

« Je vous fais la confidence, écrit-il à Stieltjes, que, cédant à la paresse, je prépare si insuffisamment mes leçons, que pendant la nuit, ma conscience se réveille, me poursuit au point que j'allume ma bougie pour faire un bout de calcul (**). »

« Après une leçon à la Sorbonne, écrivait-il à M. Genocchi, je ne fais plus rien de la journée. Je lis les *Orientales* de Victor Hugo ou des articles de journaux.... Mais à entreprendre un calcul sérieux, difficile, j'y renonce absolument; le flambeau ne s'allume pas et la paresse règne sans partage. »

Aussi, lorsqu'en 1897, l'âge de la retraite eut sonné pour lui, c'est en vain que je lui fis connaître notre commun désir. Malgré toutes mes instances, malgré l'assurance que l'Administration supérieure le verrait avec plaisir conserver ses fonctions actives, il voulut quitter son enseignement. Son seul désir, qu'il n'exprima même pas, mais

qu'il fut heureux de voir réalisé, était d'être remplacé dans sa chaire par M. Émile Picard.

Renonçant à l'enseignement, il était loin de renoncer à la recherche scientifique. Il suivait d'un œil attentif cette transformation si profonde des études mathématiques qui a marqué les dernières années du XIX^e^ siècle. Certains résultats, il faut le dire, ne lui agréaient pas entièrement : « Je me détourne avec effroi et horreur, écrivait-il familièrement à Stieltjes, de cette plaie lamentable des fonctions continues qui n'ont pas de dérivées ([36]). » Mais si, comme il est naturel à un vieillard, il restait volontiers dans la région où il avait trouvé ses plus beaux succès, il n'était pas de ces esprits négatifs qui veulent barrer la route, et il ne contestait la légitimité d'aucune recherche. Il se plaisait aussi, comme autrefois Lagrange et Ampère, à se tenir au courant des questions les plus étrangères à l'objet de ses propres travaux. Il s'était formé sur les grands problèmes de la philosophie naturelle des opinions personnelles et précises; plusieurs de nos confrères avaient grand plaisir et trouvaient profit à s'en entretenir avec lui. Les compagnons de sa jeunesse disparaissaient peu à peu; il leur consacrait des notices émues, qui seront des documents précieux pour l'histoire des Sciences et font l'ornement de nos *Comptes rendus*. Avec sa modestie habituelle, il y célébrait leurs travaux sans jamais rappeler les siens. Pour exprimer ses regrets, pour développer ses vues originales, il savait trouver les expressions les plus saisissantes, les termes les mieux appropriés. Son style évoque les noms des grands savants qui ont eu une si grande influence sur le développement de la langue française, ou qui ont contribué à lui conserver ses qualités. Sentant que la fin approchait aussi pour lui, il revenait, pour les compléter, sur celles de ses recherches qui l'avaient le plus passionné; et il s'attachait à mettre mieux en lumière ces relations, que Kronecker et lui avaient découvertes, entre les fonctions elliptiques et les parties les plus ardues de l'Arithmétique supérieure. Les appels des directeurs de journaux

scientifiques ne le trouvaient jamais insensible, et il leur envoyait des articles traitant des questions les plus variées, adoptant volontiers la forme épistolaire qu'il avait employée dans ses premiers travaux. Un de ses derniers écrits contient ses idées sur l'enseignement des Mathématiques.

« J'ai toujours été, écrivait-il à M. Janke, directeur de l'*Archiv der Mathematik und Physik,* et je serai jusqu'à mon dernier jour le disciple de vos grands géomètres, de vos maîtres illustres, Gauss, Jacobi, Dirichlet. D'autres, comme Kronecker, Borchardt, M. Lipschitz, etc., ont été les compagnons de mes études et mes amis dévoués. C'est une dette de reconnaissance laissée par leurs chers souvenirs dont j'aurai à cœur de m'acquitter en me faisant votre collaborateur avec l'intention de servir auprès des étudiants de vos Universités la cause du savoir mathématique.

» Vous me permettrez peut-être de vous dire dans quel sens je désirerais voir se diriger l'influence, l'action de votre nouvelle publication. L'enseignement, même très élémentaire, peut mettre à profit les œuvres du génie, quand elles concernent directement son objet.

» Prenez, par exemple, l'idée de Dirichlet, à la fois si simple et si profonde, concernant les minima des fonctions linéaires à indéterminées entières; n'est-elle pas exposée avec la théorie des fractions continues?

» Bacon de Vérulam a dit que l'admiration est le principe du savoir. Sa pensée, qui est juste en général, l'est surtout à l'égard de notre Science; et je m'en autoriserai pour exprimer le désir qu'on fasse, pour les étudiants, une part plus large aux choses simples et belles qu'à l'extrême rigueur, aujourd'hui si en honneur, mais bien peu attrayante, souvent même fatigante, sans profit pour le commençant qui n'en peut comprendre l'intérêt ([37]). »

Cette belle lettre, que j'aurais voulu reproduire en entier, est du

25 novembre 1900. Deux mois après, le 14 janvier 1901, Hermite s'éteignait paisiblement, dans son domicile de la rue de la Sorbonne. En annonçant le jour même cette triste nouvelle à l'Académie, notre Président, sous le coup d'une émotion profonde, trouvait les paroles qui répondaient à nos sentiments :

« Tous ceux qui siègent ici comme géomètres, disait M. Fouqué, s'honorent d'avoir été ses élèves, tous sont pénétrés de reconnaissance pour l'appui généreux qu'il n'a cessé de leur prêter. Partout où la Science est honorée, partout le nom d'Hermite était prononcé avec vénération. La perte que nous déplorons sera vivement ressentie par les correspondants si nombreux qu'il avait dans le monde entier et qui ne cessaient de faire appel chaque jour à ses conseils, à sa bienveillance inépuisable. Il appartenait à presque toutes les Sociétés savantes du monde entier. Toutes, comme la nôtre, se sentiront diminuées par sa mort. »

Hermite ne voulut à ses obsèques ni honneurs, ni discours. Les témoignages de reconnaissance et d'admiration qu'il avait reçus lors de son Jubilé lui suffisaient pleinement. Mais l'Université de Paris, se souvenant du lustre qu'il a fait rejaillir sur elle pendant près de trente ans par son enseignement et par ses découvertes, a décidé qu'elle lui élèverait dans la Cour d'honneur de la Sorbonne un monument commémoratif, dont la partie essentielle sera un médaillon exécuté par Chaplain. Ce monument est déjà préparé; il sera placé dans le voisinage de celui qui fut élevé autrefois à l'illustre chimiste Thénard. En réunissant, dans un même hommage, l'analyste qui s'est tenu toute sa vie dans les régions les plus austères de la Science la plus abstraite, et le chimiste dont les découvertes ont tant contribué au progrès de l'Industrie et des Arts, l'Université de Paris montre une fois de plus qu'elle est pleinement consciente de toute l'étendue de sa mission, et

que, si elle entend faire aux applications la part qui leur revient de droit dans nos Sociétés modernes, elle entend aussi rester fidèle à l'étude désintéressée, dans ce qu'elle a de plus pur et de plus élevé.

NOTES ET ÉCLAIRCISSEMENTS.

(1) Il paraît que, dans la famille Hermite, les enfants ne devaient pas boire de vin; on les faisait sortir de table avant le dessert, sauf le dimanche. Quand Hermite revenait à ces souvenirs de sa jeunesse, il se plaisait à comparer l'éducation qu'il avait reçue avec celle que l'on donne aujourd'hui aux enfants.

(2) Ce frère aîné, Hippolyte Hermite, fut reçu à l'École Polytechnique en 1839 et servit pendant dix ans dans le Génie. Il a publié quelques travaux de géologie; il est le père de M. Gustave Hermite qui s'est occupé d'aéronautique et dont les Communications ont figuré à différentes reprises dans nos *Comptes rendus*.

(3) M. Richard a laissé la réputation d'un excellent professeur. Il a eu pour élèves à quinze ans d'intervalle Évariste Galois et Charles Hermite. Les bons élèves font la gloire du maître, disait à cette occasion l'excellent Terquem.

(4) *Voir* la *Correspondance d'Hermite et Stieltjes publiée par les soins de* B. Baillaud *et* H. Bourget, t. I, p. 129, lettre du 2 juillet 1884.

(5) La question qu'Hermite eut à résoudre en 1841 était énoncée de la manière suivante :

« Exposer d'une manière concise la théorie de l'élimination entre deux équations de degré quelconque à deux inconnues. Démontrer le théorème relatif au degré de l'équation finale.

» Indiquer la méthode à suivre pour trouver les solutions uniquement propres aux deux équations proposées.

» Les valeurs imaginaires des inconnues attestent quelque impossibilité dans le problème; il en est de même des valeurs infinies; marquer avec précision ce qui caractérise ces deux genres d'impossibilité.

» Eclaircir cette discussion d'Algèbre par des exemples empruntés à la Géométrie. »

Sa banalité soulevait à juste titre les critiques du savant directeur des *Nouvelles Annales de Mathématiques :*

« La destination du grand concours, disait Terquem, est de faire sortir de la foule, de mettre en évidence les esprits brillants et les intelligences privilégiées. Dès lors on ne saurait mettre trop de soins dans le choix des questions. »

Loin de tenir compte de ces remarques, les juges donnaient, les années suivantes, le théorème de Descartes, puis la théorie des racines égales, ce qui provoquait en 1843 ces nouvelles réflexions de Terquem :

« Ceci me rappelle une anecdote racontée par le Champenois baron de Tott, diplomatiquement accrédité près de la Porte ottomane.

» Le grand vizir, très ignorant, avait une haute opinion des connaissances mathématiques du Collège de Constantinople; il invita notre compatriote à procéder à un examen. Or, dans aucun pays, pas même en Turquie, il n'est prudent de blesser l'opinion d'un ministre, surtout lorsqu'elle est mal fondée. Tott mit donc par écrit une proposition très modeste : démontrer que la somme des angles d'un triangle est égale à deux droits. Après quelques jours de réflexion, on lui répondit que la proposition était vraie pour le triangle équilatéral.

» Je ne garantis pas l'authenticité du fait, ajoutait Terquem, car le baron est sujet à caution. Mais, quoi qu'il en soit, depuis que l'illustre Poisson a quitté avec la vie la haute direction de l'enseignement mathématique, il semble qu'en fait de concours nous convergeons vers l'antique Byzance »

(6) Il s'agit de la célèbre formule relative à l'équation $u = x + tf(u)$.

(7) *Correspondance d'Hermite et de Stieltjes,* t. II, p. 66, lettre du 22 juin 1890.

(8) *Voir* même *Correspondance,* t. II, p. 41, lettre du 8 mai 1890.

(9) Liouville, *Rapport sur un Mémoire de M. Hermite relatif à la division des fonctions abéliennes ou ultra-elliptiques* (*Comptes rendus,* t. XVII, août 1843, p. 295).

(10) La lettre de Jacobi, communiquée à l'Académie par Liouville, se trouve imprimée au Tome XVII des *Comptes rendus,* juillet 1843, p. 82.

(11) *Voir* l'important Ouvrage *Carl-Gustav-Jacob Jacobi,* par M. Leo Koenigsberger, p. 333.

(12) Jacobi, *Mathematische Werke,* t. II, p. 115 et suivantes.

(13) *Voir* un article sur la vie d'Evariste Galois publié par Joseph Bertrand en juillet 1899 dans le *Journal des Savants.* Cet article se trouve reproduit dans la deuxième série des *Éloges académiques de Joseph Bertrand,* p. 345.

(14) Voici le procès-verbal de l'examen d'Hermite. Il est de nature à consoler les candidats malheureux :

Composition écrite		faible.
Série première	Auteurs grecs	faible.
	» latins	passable.
	» français	passable.
Série deuxième	Philosophie	passable.
	Littérature	passable.
	Histoire	passable.
Série troisième	Géographie	faible.
	Mathématiques	passable.
	Physique et Chimie	faible.

Mention assez bien.

On ne s'explique la mention que par la connaissance qu'avaient sans doute les juges de la situation d'Hermite.

(15) Voici le procès-verbal de la Faculté des Sciences :

« Examen de bachelier ès Sciences mathématiques, subi le 12 juillet 1847 par M. Hermite Charles, né à Dieuze le 24 décembre 1822; pourvu du diplôme de bachelier ès Lettres en date du 7 juillet 1847.

» Le candidat a été examiné par MM. Despretz, Sturm, Bertrand, sur les matières indiquées par l'article 1er de l'Arrêté du Conseil royal de l'Instruction publique, en date du 3 février 1837, attendu qu'il a déclaré se destiner à l'enseignement. Le résultat du scrutin secret a été pour l'admission, le candidat ayant reçu deux boules blanches pour les Mathématiques et une rouge pour les Sciences physiques. »

(16) *Voir* le *Centenaire de l'École Normale,* p. 389 et suivantes.

(17) *Œuvres de Charles Hermite,* t. I, p. 136.

(18) *Voir* l'Ouvrage déjà cité de M. Kœnigsberger, p. 398. La lettre de Borchardt est du 24 juin 1847.

(19) *Correspondance d'Hermite et de Stieltjes,* t. II, p. 270, lettre du 22 octobre 1892.

(20) *Correspondance d'Hermite et de Stieltjes,* t. II, p. 398. Lettre du 13 mai 1894.

(21) *Œuvres de Charles Hermite,* t. I, p. 131.

(22) *Correspondance d'Hermite et de Stieltjes,* t. I, p. 8, lettre du 28 novembre 1882.

(23) La Note d'Hermite a été insérée dans le Mémoire de Chevreul : *Sur la distribution des connaissances humaines du ressort de la Philosophie naturelle* (*Mémoires de l'Académie des Sciences,* 2e série, t. XXXV, année 1866, p. 528).

([24]) On peut rapprocher les remarques d'Hermite de ces deux passages de Laplace que j'emprunte aux *Leçons faites à l'École Normale :*

« Nous ne pouvons nous élever aux vérités générales que par la comparaison des résultats particuliers, qu'il faut considérer longtemps et varier d'un grand nombre de manières, pour saisir ce qu'ils ont de commun entre eux et pour en faire éclore les grandes théories qui changent la face des Sciences et font époque dans l'Histoire (*Œuvres de Laplace,* t. XIV, p. 104). »

Et encore :

« L'esprit humain, si actif dans la formation des systèmes, a presque toujours attendu que l'observation et l'expérience aient fait connaître d'importantes vérités qu'un raisonnement fort simple eût pu faire découvrir; c'est ainsi que la découverte des télescopes a suivi de près de trois siècles celle des verres lenticulaires et n'a été due qu'au hasard; c'est encore ainsi que l'aberration des étoiles, résultat fort simple du mouvement progressif de la lumière, a échappé aux savants célèbres du commencement du XVIII[e] siècle et n'a été reconnue que par l'observation, cinquante ans après la découverte de ce mouvement (*Œuvres de Laplace,* t. XIV, p. 140). »

([25]) Discours de Présidence de 1889 (*Comptes rendus,* t. CIX, p. 991).

([26]) *Œuvres de Charles Hermite,* t. I, p. XXIX.

([27]) D'après les renseignements qui m'ont été fournis avec empressement par M. Picavet, Secrétaire du Collège de France, Hermite traita de la *théorie des nombres* pendant l'année scolaire 1848-1849; l'année suivante, il choisit comme sujet : la *théorie des fonctions elliptiques* et la *théorie des nombres.* Quand il s'agit de remplacer définitivement Libri, il s'effaça devant Cauchy et Liouville, et ne fut à aucun moment candidat. C'est Liouville qui fut définitivement nommé.

([28]) CAUCHY, *Rapport sur un Mémoire présenté par M. Hermite et relatif aux fonctions à double période* (*Comptes rendus,* t. XXXII, 1851, p. 442). *Voir* aussi dans ce même Volume une Note de la page 454.

([29]) Voir *Le Centenaire de l'École Normale,* p. 389 et suivantes.

([30]) *Œuvres de Charles Hermite,* t. I, p. XXXIV.

([31]) Voir *Nouvelles Annales de Mathématiques,* 4[e] série, t. V, 1905, p. 49 ou le journal *La Nature,* février 1901.

([32]) *Annuaire des Mathématiciens,* publié par MM. LAISANT et BUHL en 1902, p. XVIII.

([33]) *Histoire de l'Académie royale des Sciences,* année 1775, p. 61-66.

([34]) *Œuvres de Condorcet,* t. I, p. 525, lettre du 20 janvier 1791 au Président de l'Assemblée nationale.

([35]) *Correspondance d'Hermite et de Stieltjes,* t. II, p. 388, lettre du 20 avril 1894.

([36]) Même *Correspondance,* t. II, p. 318, lettre du 20 mai 1893.

([37]) *Voir* cette lettre dans le journal *Archiv der Mathematik und Physik,* 3ᵉ série, t. I, p. 20, qui contient aussi le dernier travail d'Hermite, intitulé : *Sur une équation transcendante.*

LE

NAVIRE A VAPEUR SUR SON CERCLE DE GIRATION.

FORCES EN JEU, ANGLES DE DÉRIVE ET D'INCLINAISON.

PAR

L.-E. BERTIN.

CHAPITRE PREMIER.

LOIS GÉNÉRALES DU MOUVEMENT.

1. **Exposé du sujet.** — Depuis la disparition de la voile sur les navires de guerre, l'art du manœuvrier réside dans la précision des mouvements imprimés au gouvernail en vue de faire suivre au bâtiment une trajectoire déterminée. La pratique seule forme les commandants; elle conduit, quand la justesse naturelle du coup d'œil vient s'y joindre, à un degré surprenant d'habileté. Les marins ont, du reste, établi de bonne heure, à leur usage, certaines lois expérimentales du mouvement. L'orientation du navire sur sa trajectoire, en particulier, a été bien observée; elle est définie par l'ancienne règle que l'axe de rotation est toujours en avant du milieu, ou, en d'autres termes, que le navire se meut avec un angle de dérive, l'avant dirigé vers l'intérieur du cercle ou de

l'arc de cercle décrit. L'angle de dérive est accepté, en 1869, dès le début, dans les deux Mémoires de l'amiral Bourgois, qui constituent sa théorie du gouvernail (1), et il y est représenté assez exactement sur toutes les figures; par contre, on ne le rencontre pas toujours, dans d'autres publications contemporaines ou même postérieures.

Les premières études exactes sur les forces en jeu ont eu pour objet de déterminer les échantillons et la puissance des appareils de manœuvre; elles ont consisté dans la mesure de la pression de l'eau sur le safran et de son moment par rapport à l'axe de la mèche, formulés en 1873 par Jœssel, dans son *Rapport sur les expériences de gouvernail faites à Indret* (2).

Le relevé expérimental des principaux éléments de la giration, diamètre du cercle et angle de dérive, est entré dans la pratique des commissions d'essai en 1876, à la suite de la publication, par M. Risbec, de sa *Méthode pour relever le mouvement complet du navire* (3).

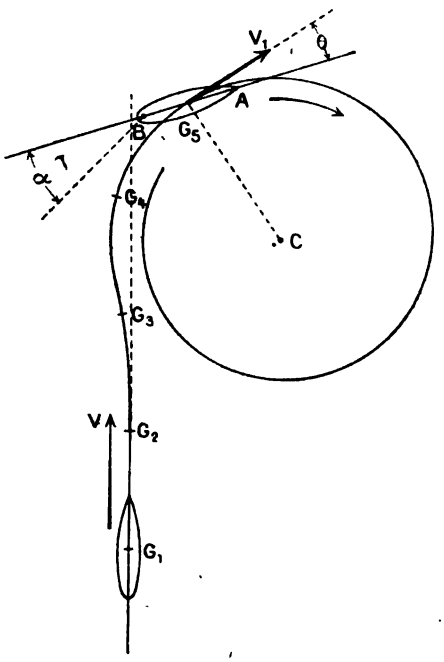
En acceptant les formules de Jœssel, qui paraissent rester exactes au delà des limites d'abord prévues, en s'aidant des données connues sur le rendement des machines et des hélices, et surtout en utilisant les résultats des expériences de giration, on a tous les éléments nécessaires pour analyser les conditions du mouvement, évaluer toutes les forces en jeu, établir entre les divers bâtiments une comparaison raisonnée. Il est difficile de faire davantage, dans l'état actuel des connaissances sur le mouvement des corps dans un milieu résistant. Les décompositions de forces un peu risquées, que l'on est obligé d'accepter en Architecture navale, et qui relèvent plutôt de la Cinématique que de la Dynamique, ne sauraient étayer une théorie proprement dite; les équations différentielles du mouvement, qu'elles permettent d'établir, sont d'ailleurs rebelles à l'intégration.

2. **Du mouvement giratoire à son origine et dans son état permanent.** — La pression de l'eau sur le gouvernail, f, quand la barre est portée d'un bord, à gauche par exemple (*fig.* 1), produit un double effet, translation du centre de gravité du navire vers la gauche et rotation autour du centre de gravité vers la droite. Le premier de ces deux effets, qui serait de faire parcourir un arc autour d'un centre de rotation situé à gauche, ne peut durer qu'un instant et n'a qu'une existence pour ainsi dire théorique; il ne s'observe pas, et ne peut pas s'observer, sur les trajectoires relevées par les observateurs. Le pivotement autour d'un axe vertical voisin du milieu place de suite le navire obliquement

(1) *Revue maritime*, 1869.
(2) *Mémorial du Génie maritime*, 1873.
(3) *Mémorial du Génie maritime*, 1876.

sur la trajectoire rectiligne qu'il tendait à suivre en vertu de la vitesse acquise. La résistance à la marche F cesse aussitôt d'être dirigée suivant l'axe du bâtiment; elle s'incline vers la direction du travers et s'en rapproche beaucoup

Fig. 1.



(*fig.* 2) quand l'angle de dérive θ compris entre l'axe et la tangente à la trajectoire atteint une valeur prononcée. Sous l'action de cette résistance, le navire commence son évolution véritable, autour d'un axe de rotation C situé à sa droite; le rayon de giration devient de plus en plus court, à mesure que se dessine l'angle θ et que grandit la composante transversale de la force F, principal élément de la force centripète.

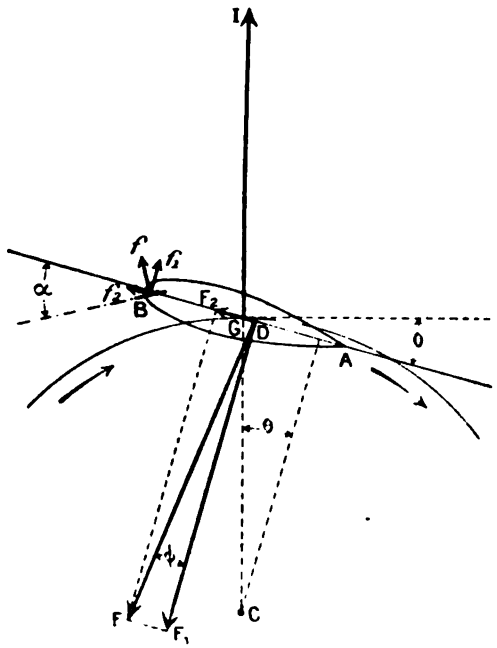
Le mouvement atteint son état permanent, quand les trois conditions suivantes sont remplies :

1° Le ralentissement du navire, beaucoup plus brusque que dans un stoppage, étant terminé, la nouvelle vitesse V_1, qui est une vitesse tangentielle succédant à la vitesse rectiligne V, est uniforme;

2° La courbure de la trajectoire est constante, et telle que la force d'inertie centrifuge I, également constante, est égale et opposée à la somme des projections, sur le rayon CG, de toutes les forces extérieures agissant sur le navire (*fig.* 2);

3° L'angle de dérive θ reste constant. En d'autres termes, les deux mouvements rotatoires, l'un de translation du centre de gravité G autour de C, l'autre

Fig. 2.



de pivotement du navire autour de G, s'exécutent avec la même vitesse angulaire ω.

3. Équations relatives à l'état permanent de la giration. — L'expression algébrique des trois conditions qui précèdent détermine, en principe, toutes les conditions du mouvement.

Considérons les diverses forces en jeu et leurs moments.

Parmi les forces, nous avons déjà mentionné les pressions de l'eau sur la carène et le gouvernail F et f. Leurs composantes sont F_1 et f_1 dans le sens transversal et F_2, f_2 suivant l'axe du navire.

Nous avons, en second lieu, la poussée des hélices, qui était Q pour la vitesse V rectiligne, avant la giration, et qui est devenue Q_1, faisant équilibre aux deux résistances F_2, f_2 et fournissant de plus l'élément égal et opposé à la composante $I \sin\theta$ de la force centrifuge.

Enfin la force centrifuge, qui, supposée appliquée au point G, y ferait équilibre à toutes les autres forces, a pour valeur exacte

$$(1) \qquad I = 2\frac{P}{g}\frac{V_1^2}{D},$$

P étant le déplacement du navire exprimé en kilogrammes, comme la force I; D étant le diamètre du cercle de giration.

Examinons de suite le moment des forces qui produisent le second mouvement du navire, son pivotement autour d'un axe vertical que nous supposerons passer par le centre de gravité G.

L'équation exacte des moments ne peut s'établir qu'en considérant le mouvement unique et total, rotation autour du centre de giration C. Cette équation, comme nous le verrons au n° 15, contient des éléments d'observation trop incertains pour fournir des données numériques utilisables. D'autre part, elle ne peut, par sa forme même, se prêter à la discussion des qualités giratoires du navire, et particulièrement de la stabilité de route. De là résulte la nécessité, pour arriver à des conclusions pratiques, de faire, en même temps que la décomposition des mouvements, celle des forces, comme si les deux mouvements étaient produits séparément.

Soit M le moment de résistance de la carène à la rotation autour de l'axe principal d'inertie vertical passant en G. Son expression est de la forme

$$M = \mu\omega^{x},$$

μ étant sa valeur, en kilogrammètres, pour une vitesse angulaire ω égale à 1^{m}, et x un exposant, que nous calculerons approximativement au n° 16, et que nous trouverons égal à 1,25 sur le *Henri-IV*.

Nous pouvons écrire, en anticipant sur le n° 16,

$$M = \mu\omega^{1,25}. \tag{2}$$

D'autre part, si nous appelons a et d les bras de levier respectifs des deux forces f_1 et F_1 par rapport à G, en appliquant à d le signe + quand le point D est sur l'avant de G, ainsi que cela doit généralement avoir lieu, nous avons

$$M = F_1 d + f_1 a. \tag{3}$$

L'équation (3), en dehors de l'inexactitude déjà indiquée, suppose que la résistance de l'eau sur la carène a une résultante unique. Elle néglige le couple d'embardée qui accompagne la résultante, quand l'angle de dérive n'est pas nul ou égal à 90°; l'équation des moments autour du centre C ne tiendrait pas davantage, d'ailleurs, compte de ce couple inconnu. Les embardées apparaissent bien sur les relevés de giration, mais sans que l'on sache si leur amplitude dépasse les erreurs commises dans la mesure de θ; les valeurs numériques de θ indiquées plus loin sont toujours la moyenne des valeurs observées en différents points du cercle.

Ces équations relatives au mouvement angulaire uniforme et permanent doivent être complétées par l'expression de la vitesse angulaire

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2V_1 \cos\theta}{D}, \tag{4}$$

T étant la durée d'une giration complète sur le cercle décrit.

L'équation des moments, déduite de (2) et (3),

$$F_1 d + f_1 a = \mu\omega^{1,25}, \tag{5}$$

devient, en remplaçant ω par sa valeur,

$$\frac{F_1 d + f_1 a}{\mu} = \left(\frac{2V_1 \cos\theta}{D}\right)^{1,25}. \tag{6}$$

Si le problème de la giration devait être abordé théoriquement, il présenterait trois inconnues V_1, D, θ, dont les forces F, f, Q_1 sont fonction, ainsi que le bras de levier d. Les trois équations, qui serviraient à déterminer ces trois inconnues, sont les équations des projections des forces sur deux axes rectangulaires et l'équation des moments.

En projetant toutes les forces sur l'axe longitudinal du navire et sur une perpendiculaire à cet axe, nous avons les deux équations

$$Q_1 - F_2 - f_2 = I \sin\theta, \tag{7}$$

$$F_1 - f_1 = I \cos\theta. \tag{8}$$

La troisième équation est celle des moments (6) qui, écrite sous la forme

$$\cos\theta = \frac{D}{2V_1}\left(\frac{F_1 d + f_1 a}{\mu}\right)^{0,8},$$

permettrait d'éliminer de suite l'angle θ.

Dans une théorie rationnelle, si on la jugeait possible, on se servirait d'ailleurs, non pas de l'équation (6) uniquement adoptée comme moyen d'exposition et de raisonnement, mais bien de l'équation des moments autour du centre C, qui sera donnée au n° 15.

Des trois autres équations de projections et de moments, les deux qui ne serviraient qu'à déterminer le déjaugement de la carène et le changement d'assiette longitudinale dans les girations sont sans intérêt. La troisième, celle des moments d'inclinaison autour de l'axe longitudinal, fera l'objet de la troisième partie du Mémoire; son étude a été le point de départ même de toute cette étude.

4. **Données expérimentales.** — Il est facile de reconnaître que le problème de la giration ne peut nullement se résoudre par la voie théorique qui vient d'être indiquée. En effet, les valeurs des deux composantes de F en fonction de V_1, D, θ ne sont ni connues, ni même probablement susceptibles d'une expression algébrique.

D'autre part, les trois quantités V_1, D, θ, en tenant compte de la condition

$$V_1 = \frac{\pi D}{T},$$

sont des données d'observation, recueillies avec une exactitude certaine, en ce qui concerne D et T, et avec une approximation acceptable, jusqu'à preuve du contraire, en ce qui concerne θ.

L'observation étant ainsi substituée au calcul pour suppléer au défaut de connaissance des lois de l'Hydrodynamique, les trois inconnues deviennent F_1, F_2, μ. Les trois équations (5), (7), (8) permettent de déterminer ces trois inconnues.

Nous aborderons le problème sous cette nouvelle forme dans la deuxième Partie du Mémoire, en prenant le cuirassé *Henri-IV* pour exemple. Nous terminerons d'abord les généralités en examinant les résultats généraux des observations recueillies sur les bâtiments du modèle le plus récent. Les lois, qui résultent du rapprochement de ces résultats, complètent et confirment une théorie élémentaire contenue dans ma *Notice sur la marine à vapeur de* 1875; elles sont suffisamment étendues et précises pour répondre aux principaux besoins pratiques de l'art de la manœuvre.

5. **Relation entre l'angle de barre et le diamètre du cercle de giration.** — Nous nous occuperons d'abord des lois de la giration, pour le cas d'un navire unique évoluant sous divers angles de barre α et à diverses vitesses V comptées avant l'évolution.

Traçons, en premier lieu, les courbes des diamètres D en fonction de α, la vitesse V restant constante. En compulsant tous les résultats d'expériences récentes et remontant même un peu haut pour le *Magenta,* nous avons trouvé les éléments nécessaires pour tracer la figure 3, qui met assez bien en relief l'effet de l'angle de barre. Le diamètre D diminue à mesure que l'angle α augmente, mais sa diminution devient très lente, au delà de 25° de barre; sur la courbe du *Magenta* à $13^n,5$ de vitesse, l'augmentation est insignifiante au delà de 20°; sur la *Jeanne-d'Arc,* à $6^n,87$, le minimum de D est même atteint à 20° d'angle de barre. Il y a donc avantage à ménager les organes de manœuvre, plutôt qu'à les fatiguer sans profit en utilisant tout l'angle de barre permis par les installations du bord, qui est généralement de 30°.

Les résultats précédents ne sont pas d'accord, à première vue, avec la formule de Jœssel, qui donne, pour la pression de l'eau f,

$$f = 41,35\sigma V_1^2 \frac{\sin\alpha}{0,195 + 0,305\sin\alpha}, \tag{9}$$

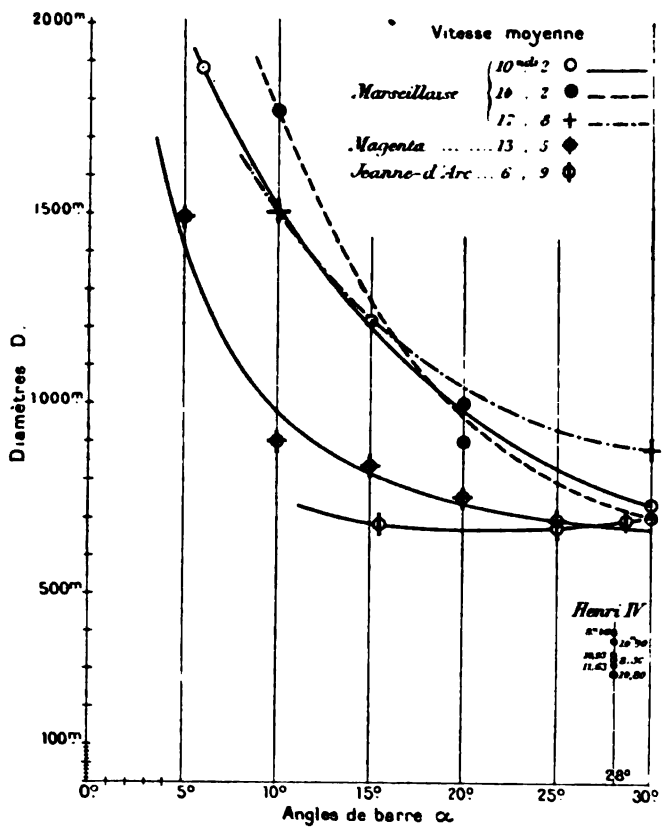
et, pour sa composante transversale f_1,

$$f_1 = 41,35\sigma V_1^2 \frac{\sin\alpha\cos\alpha}{0,195 + 0,305\sin\alpha}, \tag{10}$$

σ étant la surface du safran.

On trouve, en effet, en différentiant l'équation (10), que le maximum de f_1

Fig. 3.



et, par suite, le minimum de D, sont déterminés par la condition

$$0,195\cos 2\alpha = 0,305\sin^3\alpha, \tag{11}$$

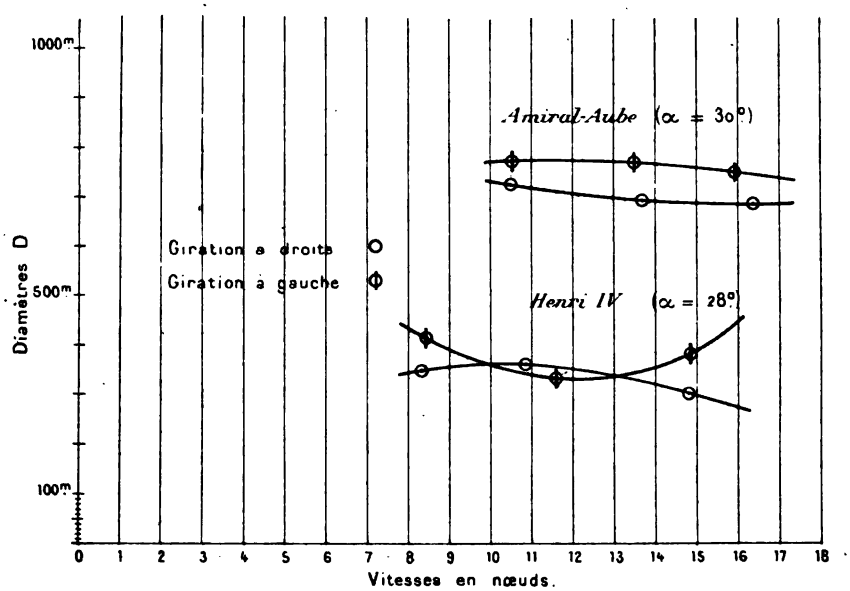
qui donne

$$\alpha = 35°49'.$$

Cette contradiction apparente ne doit pas surprendre; elle n'entache en rien la valeur absolue de la formule (9), parce que la vitesse relative réelle de l'eau, au contact du gouvernail, dépend du diamètre D, de l'angle θ et, dans une large mesure, du recul des hélices, comme nous en trouverons un exemple au n° 12.

6. Relation entre la vitesse du navire et le diamètre du cercle de giration. — Traçons, en second lieu, les courbes des diamètres D en fonction de la vitesse V, l'angle de barre α restant constant. Les expériences de giration dirigées de manière à donner la loi qui lie D à α sont peu nombreuses; cependant nous avons (*fig.* 4) l'exemple de deux navires très différents l'un de l'autre et

Fig. 4.



nous voyons que, contrairement à la croyance la plus répandue, le diamètre ne varie pas, ou du moins varie peu, avec la vitesse. La comparaison des trois courbes relatives à la *Marseillaise,* sur la figure 3, conduit à la même conclusion.

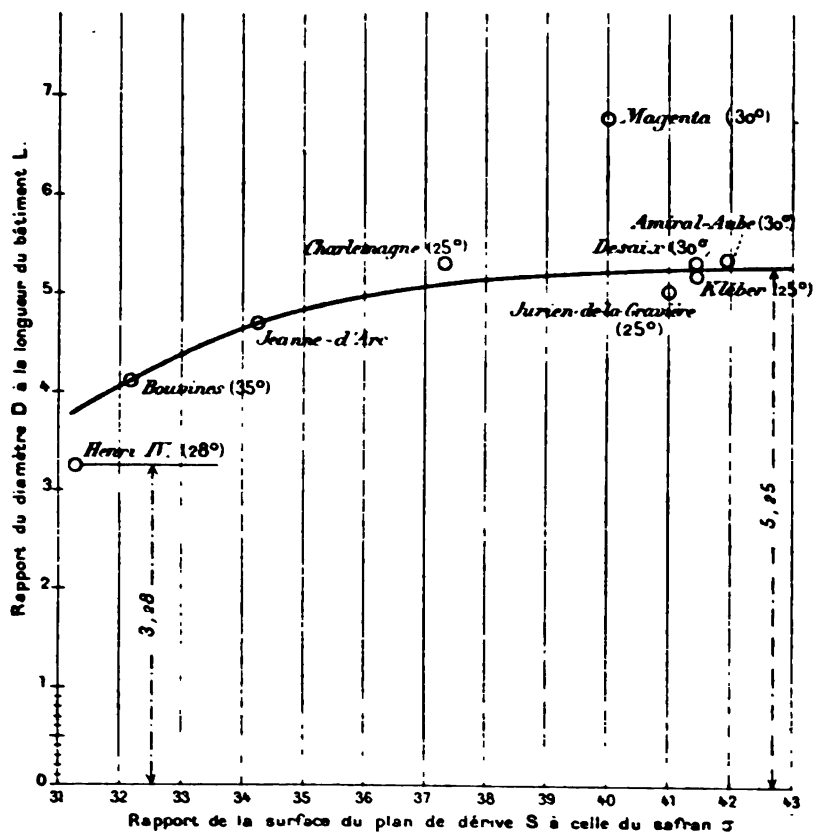
Sur la figure 4, des courbes distinctes ont été tracées, pour les évolutions sur la droite et celles sur la gauche. Le diamètre des girations sur la droite est moindre, ce qui s'explique par le sens de la rotation de l'hélice centrale. Les courbures des lignes sont tournées à l'opposé les unes des autres, pour l'*Amiral-*

Aube et pour le *Henri-IV*, ce qui conduit à penser que les variations du diamètre D n'ont guère dépassé la limite d'erreur des observations. Pour les deux bâtiments, la courbe moyenne indique une tendance du diamètre à décroître quand la vitesse V augmente.

L'opinion générale est que le diamètre croît avec la vitesse. Elle remonte très loin. Je l'ai combattue en 1875 en faisant remarquer que la force d'inertie I, égale et contraire à la résultante des forces F, f, Q_1, doit être, comme ces forces, proportionnelle au carré de la vitesse V_1. D'autre part, I, d'après l'équation (1), est à la fois proportionnelle à V_1^2 et inversement proportionnelle à D. Il était permis de conclure de là, à la constance de D, du moins comme première approximation.

7. **Comparaison entre différents navires, sous le rapport du diamètre de giration.** — Si nous passons à la comparaison la plus importante, celle des navires

Fig. 5.



entre eux, sous le rapport des qualités évolutives, nous ne pouvons considérer

que les expériences faites avec un même angle de barre, ou du moins avec l'angle maximum qui est à peu près le même pour tous les bâtiments.

La caractéristique de chaque navire, comme aptitudes manœuvrantes, est, non le diamètre D, mais le rapport de D à la longueur L du bâtiment, rapport qui varie de 3,25 à 7 sur les navires de guerre. Le terme de comparaison qui convient est le rapport de la surface S du plan de dérive à la surface σ du safran.

La courbe de la figure 5, tracée en prenant les rapports de S à σ pour abscisses et ceux de D à L pour ordonnées, est très régulière pour l'ensemble des navires construits depuis 1895. Le point du *Magenta* a été porté, pour montrer le résultat obtenu par la suppression des plans minces de la carène, surtout à l'arrière, et l'emploi de trois hélices. A l'inverse du *Magenta*, le *Henri-IV* a son point au-dessus de la courbe moyenne, d'où il paraît résulter que la position particulière de ses gouvernails, entre les hélices, est favorable à l'action de l'eau et à la grandeur de f_1.

8. **Qualités évolutives et instabilité de route.** — Quand on veut raisonner d'une manière un peu approfondie sur la rapidité des évolutions, qualité si importante pour le combat, il faut toujours se reporter à l'équation

$$F_1 d + f_1 a = \mu\omega^{1,25}, \tag{5}$$

sans trop s'arrêter à ce que la manière dont cette équation a été posée, comme décomposition de forces et composition de moments, présente d'arbitraire. De cette équation, qui est fondamentale pour l'intelligence et l'exposé des faits, découlent à la fois la théorie des qualités évolutives et celle de l'instabilité de route, autant, du moins, que des raisonnements plausibles peuvent mériter le nom de *théories*. Les deux études sont, comme leur objet même, étroitement liées l'une à l'autre.

Au point de vue des qualités évolutives, il faut, pour augmenter ω, diminuer le moment de résistance μ et augmenter le bras de levier d, la valeur du terme fa étant limitée par des nécessités de construction et la valeur de la force F étant imposée. La suppression des plans minces aux deux extrémités du navire tend à diminuer la valeur de μ, avec plus d'efficacité en ce qui concerne l'arrière, plus éloigné que l'avant du véritable axe de rotation C. La suppression du plan mince arrière accroît de plus la valeur de d, en reportant la position du centre de dérive D vers l'avant. Les règles à suivre se trouvent ainsi toutes tracées. C'est aux larges évidements pratiqués à l'arrière, que nos derniers bâtiments doivent d'avoir dépassé les prévisions concernant les qualités évolutives.

Au point de vue de la stabilité de route, il importe de ne pas aller trop loin dans l'accroissement de la valeur positive de d. En effet, quand la barre est redressée à la fin du mouvement de giration et que les deux facteurs du terme $f_1 a$ sont nuls, il reste le terme $F_1 d$, qui conserve au navire une vitesse angulaire ω_1 déterminée par l'équation

$$F_1 d = \mu \omega_1^{1,25}. \qquad (5\ bis)$$

La force F_1, en effet, ne s'annule pas tant que θ garde une certaine valeur. Or, nous verrons, au numéro suivant, que θ doit diminuer très lentement quand on redresse la barre, et qu'il doit conserver une valeur finie θ_1 quand α est nul. Ensuite la vitesse angulaire ω_1 et l'angle de dérive θ_1 ont une action réciproque, qui les fait persister l'un et l'autre, et en vertu de laquelle le navire peut tourner indéfiniment en décrivant un cercle de grand rayon. De là nécessité, à la fin de toutes les girations, de porter un instant la barre à contre-bord; c'est ce que l'on nomme *rencontrer*.

Une valeur trop forte de d a, comme second effet, l'inconvénient de donner lieu à une grande facilité d'embarder pendant la marche ordinaire en ligne droite. Le navire se trouve, en effet, dans un équilibre de route instable, si le moindre mouvement angulaire donne naissance à un moment de giration $F_1 d$; ce moment s'accroît ensuite de lui-même, jusqu'à une valeur déterminée et assez grande, en vertu de l'angle θ, conséquence immédiate de sa propre existence.

Les deux effets précédents, constituant l'instabilité de route, ont d'autant plus de tendance à se manifester que le bras de levier d n'est point une constante; il prend une valeur élevée, sur tous les navires, lorsque l'angle θ se rapproche de zéro.

La stabilité de route proprement dite supposerait le moment $F_1 d$ négatif, c'est-à-dire le centre de dérive D placé sur l'arrière du centre de gravité G; cette condition est irréalisable pour les petites valeurs de θ, comme on le verra plus loin (*fig.* 13). On accepte donc la nécessité de rencontrer, à la fin d'une giration, et celle de redresser la route de temps en temps avec la barre, dans la marche ordinaire. Il faut seulement que l'instabilité de route reste au-dessous de certaines limites fixées par l'appréciation des bons manœuvriers.

L'action d'une hélice en mouvement sur l'avant du gouvernail rend le navire très sensible au moindre déplacement de la barre et diminue par suite l'instabilité de route apparente.

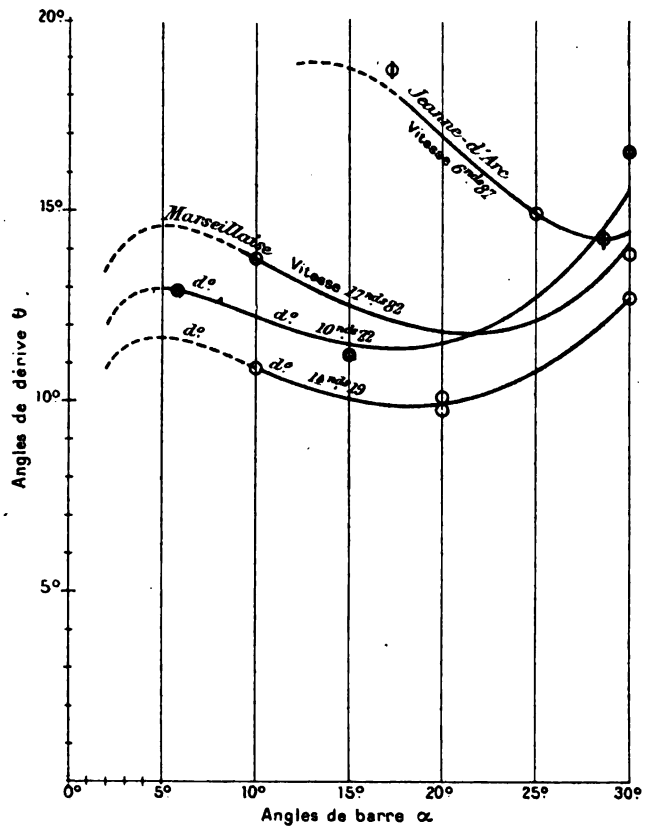
9. **Relation entre l'angle de dérive et l'angle de barre.** — La manière dont l'angle de dérive varie au début, pendant la manœuvre de la barre, n'a jamais

été relevée. Les essais de giration des navires permettent seulement d'établir la loi qui lie l'angle θ à l'angle α dans les mouvements de giration parvenus à l'état permanent.

Les courbes de la figure 6, tracées en prenant les angles α pour abscisses et θ pour ordonnées, se présentent avec une forme assez inattendue, à laquelle il n'a été apporté aucune correction.

Si nous partons de l'angle de barre maximum de 30°, nous voyons que θ diminue en même temps que α, jusqu'à un minimum qui correspond sur la *Marseillaise* à des valeurs de α comprises entre 15° et 25°, après quoi il irait en

Fig. 6.



augmentant, du moins jusqu'aux valeurs de α voisines de 5°. Sur la *Jeanne-d'Arc* à petite vitesse, θ augmenterait dès que α diminue, à partir de 30°.

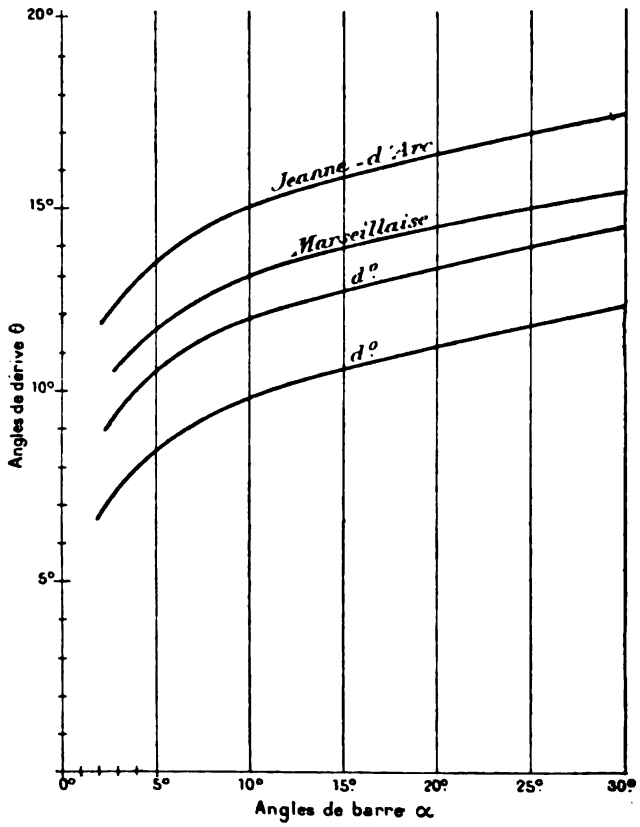
Il n'a pas été fait d'essais de giration sous les angles de barre compris entre zéro et 5°. Ainsi qu'on l'a vu au numéro précédent, θ ne doit pas être nul, pour les valeurs nulles de α, mais il n'a vraisemblablement alors qu'une valeur assez faible. Les courbes de la figure 6 doivent donc s'abaisser brusquement, quand α descend au-dessous de 5°, ainsi qu'il est indiqué en pointillé.

Notons que la *Marseillaise* et la *Jeanne-d'Arc* sont au nombre des navires considérés comme ayant une bonne stabilité de route. Les valeurs de leurs θ, barre droite, doivent donc être relativement petites.

L'interprétation des courbes de la figure 6 ne peut évidemment se faire, sans laisser une large part aux erreurs d'observation dans la mesure de θ. Il n'est pas vraisemblable que θ puisse diminuer quand α augmente d'une giration à l'autre; une telle diminution ne s'expliquerait que par une sorte d'embardée, au cours d'une même giration. Ce qui peut toutefois être regardé comme bien établi, c'est que l'angle de dérive θ est déjà grand pour de faibles valeurs de α, c'est-à-dire qu'un faible mouvement de barre détruit l'équilibre de route naturellement instable et lance de suite franchement le navire dans son mouvement d'évolution.

En admettant que les erreurs sur θ atteignent 2° à 3° et se soient rencontrées

Fig. 6 *bis*.



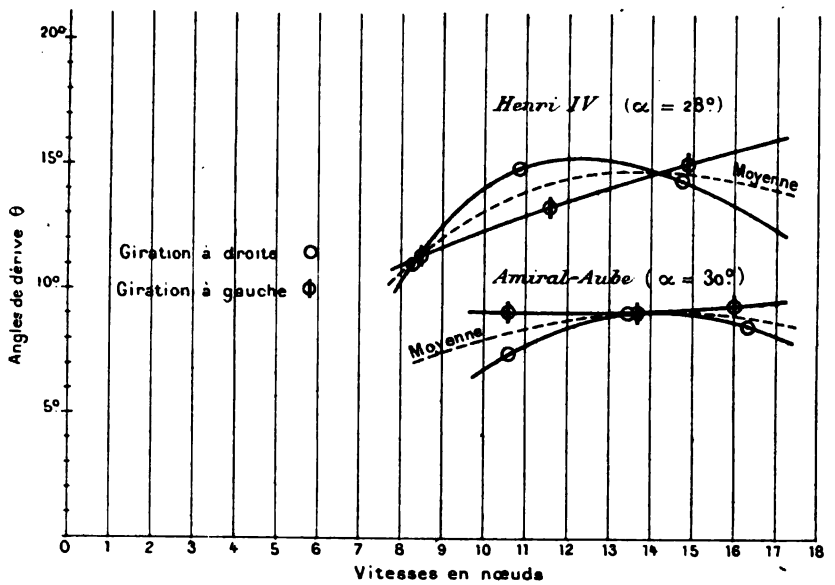
presque systématiquement pour les valeurs de α voisines de 15° à 20°, nous pouvons substituer, à la figure 6, la figure 6 *bis*, où les courbes indiquent une loi

plus plausible pour la croissance de θ en fonction de α, mais en laissant subsister le fait d'expérience de la croissance brusque du début, conduisant à des angles θ voisins de leur maximum pour les angles de barre de 5° à 10°, qui peuvent être parcourus dans la durée d'un simple roulis.

Nous verrons, aux n^{os} 18 et suivants, les conséquences importantes de cette remarque, au point de vue de la bande donnée par les navires pendant les évolutions.

Pour compléter l'étude de l'angle de dérive, nous avons tracé (*fig.* 7) quel-

Fig. 7.



ques courbes de valeurs de θ portées en ordonnées en fonction des vitesses V prises comme abscisses, l'angle de barre α étant constant.

D'après ces courbes, l'angle de dérive semble être peu influencé par la vitesse; il n'y a aucune loi bien apparente reliant ces deux données l'une à l'autre.

10. **Relation entre l'angle de dérive et le diamètre du cercle de giration.** — L'angle θ variant peu avec l'angle de barre α et étant à peu près indépendant de la vitesse V, il constitue une sorte de paramètre ou de donnée caractéristique propre à chaque navire, surtout si l'on considère les évolutions effectuées barre toute. Le diamètre du cercle décrit dans les mêmes conditions constitue un second paramètre qu'il est intéressant de comparer au premier.

J'ai déterminé la valeur caractéristique de θ, pour les bâtiments qui ont fait plusieurs essais de giration barre toute, en prenant la moyenne des résultats

observés à diverses vitesses, ce qui doit atténuer les erreurs d'observation. J'ai obtenu le Tableau suivant, dans lequel les rapports du diamètre D à la longueur L du navire sont portés en regard des valeurs de l'angle θ.

	θ.	$\frac{D}{L}$.	$\theta \times \frac{D}{L}$.
Amiral-Aube	8°,8	5,32	46,8
Kléber	8,2	5,20	42,6
Henri-IV	13,5	3,28	44,3

D'après ce Tableau, l'angle θ varierait en raison inverse du rapport de D à L, et sa valeur en degrés serait donnée approximativement par l'expression

$$\theta = 45 \frac{L}{D}. \qquad (12)$$

Rappelons, pour terminer l'étude des relevés expérimentaux, que les angles θ doivent toujours être la moyenne de relevés pris en divers points du cercle de giration, à cause des embardées inhérentes à toute marche oblique par rapport à l'axe du navire. De plus, leur observation offre beaucoup moins de garanties d'exactitude que celle des diamètres D.

CHAPITRE II.

CALCUL DES FORCES EN JEU. APPLICATION AU *HENRI-IV*.

11. **Données relatives aux girations du *Henri-IV*.** — Passons maintenant à l'application des principes établis aux nos 3 et 4 pour déterminer, en partant de l'observation du mouvement de giration, la valeur de toutes les forces en jeu.

L'exemple choisi est le *Henri-IV*, aux deux vitesses de $14^n,8$ et de $8^n,4$ qui sont les deux valeurs extrêmes de V, dans la série d'essais de giration exécutée par ce bâtiment.

Tous les essais se sont faits la barre toute d'un bord.

Les données relatives aux deux expériences considérées sont les suivantes :

		Première expérience.	Deuxième expérience.
	Sens de la giration	à droite	à gauche
α	Angle de barre	28°	28°
T	Durée de la giration	235s	515s
D	Diamètre du cercle décrit	305m	410m
θ	Angle de dérive	14°,5	11°
V	Vitesse avant la giration — en nœuds	$14^n,8$	$8^n,4$
	Vitesse avant la giration — en mètres	$7^m,61$	$4^m,32$
V_1	Vitesse pendant la giration, en mètres	$4^m,08$	$2^m,50$
N	Nombre de tours moyen des machines — avant la giration	103,3	54
	Nombre de tours moyen des machines — pendant la giration	92,3	49
H	Puissance totale des machines — avant la giration	6235chx	890chx
	Puissance totale des machines — pendant la giration	5720chx	807chx
M	Coefficient d'utilisation	4,08	4,24
P	Déplacement, en kilogrammes	8 950 000kg	8 950 000kg
I	Force d'inertie, en kilogrammes	99 600kg	27 900kg

12. **Calcul de la pression de l'eau sur les safrans de gouvernail.** — La pre-

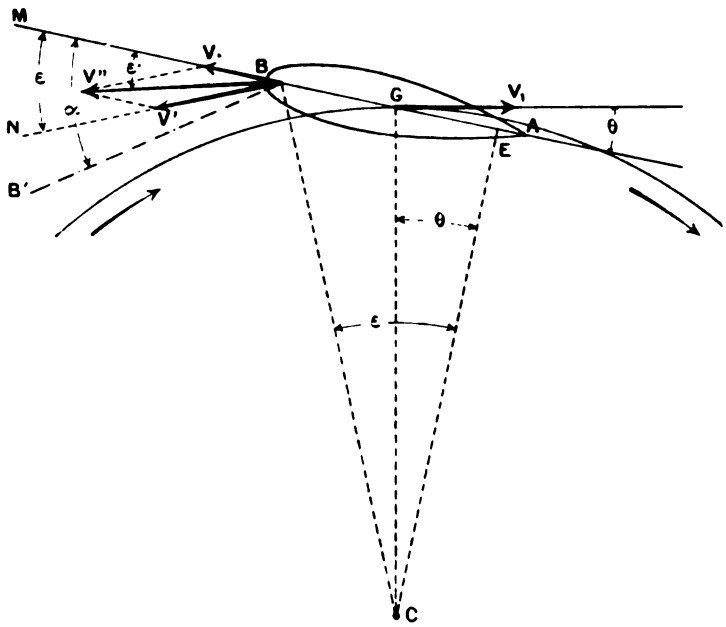
mière étude à faire porte sur la pression de l'eau sur le gouvernail f, dont les deux composantes figurent dans les équations (6), (7), (8) et dont la valeur est donnée par l'expression

$$f = 41,35\sigma V_1^2 \frac{\sin\alpha}{0,195 + 0,305\sin\alpha}. \qquad (9)$$

Toute la difficulté consiste dans la détermination des valeurs de V_1 et de α applicables au mouvement relatif réel de l'eau par rapport au gouvernail, dans le mouvement de giration du navire.

Laissons d'abord de côté l'influence du passage de la carène et du mouvement

Fig. 8.



des hélices sur la direction et la vitesse des filets liquides à l'arrière du navire. Le gouvernail, dans le mouvement circulaire autour de l'axe de rotation C (*fig.* 8), frappe l'eau supposée immobile avec la vitesse

$$V' = \overline{CB} \times \omega,$$

dirigée perpendiculairement à CB. L'angle d'incidence est, non pas α, mais

$$NBB' = \alpha - \varepsilon,$$

en appelant ε l'angle MBN égal à BCE (la ligne BE est perpendiculaire à BA).

Les valeurs de V′ et de ε se calculent facilement sur la figure 8. Nous avons, en effet, les deux égalités

$$\overline{BE} = \overline{CE}\,\text{tang}\,\varepsilon = \frac{D}{2}\cos\theta\,\text{tang}\,\varepsilon,$$

$$\overline{BE} = \overline{BG} + \overline{GE} = a + \frac{D}{2}\sin\theta,$$

qui nous donnent

$$\text{tang}\,\varepsilon = \text{tang}\,\theta + \frac{2a}{D\cos\theta}. \tag{13}$$

Nous avons ensuite l'équation

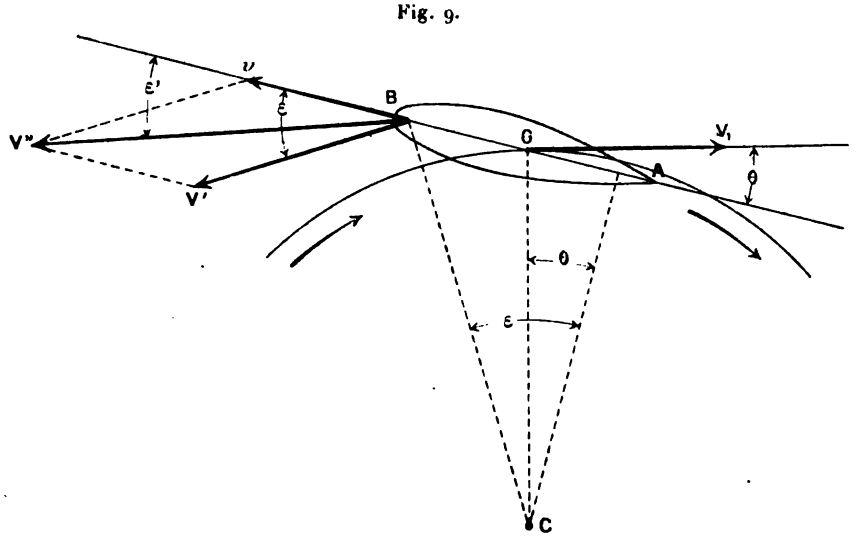
$$\frac{V'}{V_1} = \frac{CB}{CG} = \frac{\sin CGB}{\sin CBG} = \frac{\cos\theta}{\cos\varepsilon},$$

d'où nous tirons

$$V' = V_1\frac{\cos\theta}{\cos\varepsilon} = \cos\theta\sqrt{1+\text{tang}^2\varepsilon} = \sqrt{1+\frac{4a^2}{D^2}+\frac{4a}{D}\sin\theta}. \tag{14}$$

Au lieu d'appliquer les deux formules un peu compliquées (13) et (14), il est

Fig. 9.



plus simple de mesurer directement V′ et ε sur les deux figures (8) et (9), qui s'appliquent aux deux essais de giration du *Henri-IV*, en ayant soin de tracer

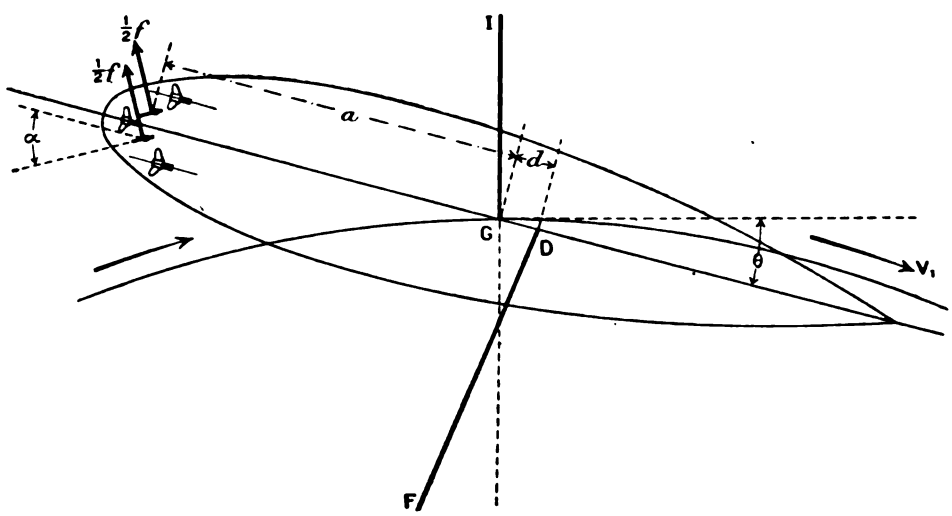
ces figures à une échelle convenable. J'ai obtenu, en opérant ainsi, les résultats suivants :

	Première expérience.	Deuxième expérience.
V'.....	4m,58	2m,66
ε.....	30°40'	23°40'
α — ε.....	—1°20'	+4°20'

D'après ce Tableau, l'angle correctif ε, très supérieur toujours à θ, comme le montrait d'avance la formule (13), serait même, dans la première expérience du *Henri-IV*, supérieur à l'angle d'orientation du gouvernail α. Il est clair que la correction ainsi calculée est exagérée, puisque l'eau, frappant le gouvernail à contre-bord, renverserait le sens de la giration. On peut même affirmer, contrairement à la formule (13), que l'angle ε est parfois inférieur à θ, pour le motif péremptoire que θ est lui-même supérieur à α dans les girations exécutées avec de faibles angles de barre.

La seconde correction, modifiant et complétant la précédente, consiste à tenir compte du mouvement des filets liquides. Dans beaucoup de cas, il ne serait possible de faire, sur la direction et la vitesse de ces filets, que des hypothèses assez hasardées. Sur le *Henri-IV*, en raison de la position particulière des gouvernails placés entre les hélices avant et l'hélice arrière (*fig.* 10), il ne

Fig. 10.



peut pas y avoir grande erreur à attribuer à l'eau le mouvement qui lui est imprimé par l'effet commun des trois hélices. En combinant la vitesse V' avec une vitesse v parallèle à l'axe et égale au recul moyen des hélices, j'ai trouvé,

pour la nouvelle vitesse relative V″ des gouvernails par rapport à l'eau et pour le nouvel angle correctif ε′ à substituer à ε, les valeurs suivantes :

	Première expérience	Deuxième expérience.
v	$3^m,38$	$1^m,45$
V''	$7^m,65$	$4^m,025$
ε'	$17°30'$	$15°10'$
$\alpha - \varepsilon'$	$10°30'$	$12°50'$

En introduisant ces valeurs V″ et $\alpha - \varepsilon'$, pour V et α, dans la formule (9), nous obtenons, pour la pression f exercée normalement sur les gouvernails, les deux nombres

$$f = 10\,560^{kg} \text{ dans la première expérience,}$$
$$f = 2\,970^{kg} \text{ dans la seconde expérience,}$$

que nous adoptons comme définitives.

Les valeurs de V_1 et de α figurant au Tableau du n° 11, introduites dans la formule (9), donnent pour f des valeurs beaucoup plus élevées; le rapport des unes aux autres est

0,502 dans la première expérience,

0,504 dans la seconde expérience,

soit 0,5 en nombres ronds. Ce résultat concorde avec une indication donnée par Jœssel lui-même, que la valeur de f dans sa formule devait être affectée d'un coefficient réducteur égal à 0,5 pour les grands navires. Plus récemment, M. de Courville a expliqué la nécessité d'un facteur correctif par le raisonnement qui conduit aux figures (8) et (9), et il a estimé sa valeur à 0,48 pour le *Condor* et à 0,79 pour l'*Amiral-Baudin* (1). En Amérique, M. Durand, auteur du travail le plus récent à consulter sur les gouvernails, a également admis en principe la convenance d'introduire un réducteur et il a accepté les chiffres donnés pour le *Condor* et l'*Amiral-Baudin* (2).

13. Calcul du moment de la pression précédente par rapport à la mèche. — M. de Courville et M. Durand, dans le calcul de f, se préoccupaient surtout de

(1) *Note au sujet du calcul du moment résistant des gouvernails* (*Bulletin de l'Association technique maritime*, 1896).

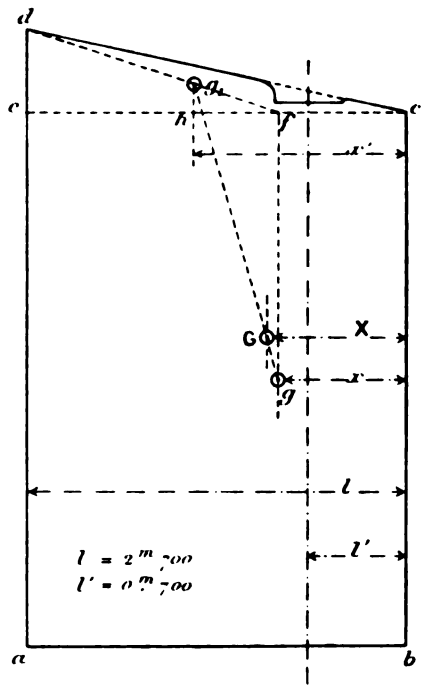
(2) *On the action of the rudder*, etc. (*Transactions of the Society of naval architects and marine engineers*, 1899).

son moment par rapport à la mèche, d'après lequel se déterminent les échantillons de la mèche, de la barre et de la drosse, ainsi que la puissance de l'appareil de manœuvre. Bien que le présent travail ne vise pas les détails de construction, il convient, après avoir calculé la force f, d'indiquer son point d'application.

La forme des safrans du *Henri-IV* est représentée figure 11.

Il y a d'abord une portion rectangulaire pour laquelle la distance x du point

Fig. 11.



d'application g de la pression de l'eau à l'arête antérieure bc est, d'après la formule de Jœssel,

$$x = (0{,}195 + 0{,}305 \sin\alpha_1)\, l, \tag{15}$$

en exprimant l'angle $\alpha - \varepsilon'$ par α_1 et en appelant l la largeur totale ab du safran. Appelons m le facteur en α_1 dont nous savons calculer la valeur; nous avons

$$x = ml.$$

Passons à la partie triangulaire cde. Portons, sur la base ce, la longueur cf égale à x, joignons df et divisons le triangle en bandes horizontales. Le point d'application de la pression sur chacune des bandes est situé sur df, puisque le

facteur m est applicable à toutes. Le point d'application g_1 de la pression résultante est donc situé sur df, au tiers de la longueur à partir de la base, ce qui donne, en appelant x' la distance ch,

$$(16) \qquad x' = cf + fh = ml + \tfrac{1}{3}(1-m)l = \left(\tfrac{1}{3} + \tfrac{2}{3}m\right)l.$$

En composant les pressions sur les deux portions du safran, k étant la hauteur ae de la partie rectangulaire et k' la hauteur ed de la partie triangulaire, nous obtenons, pour la distance X, du point d'application G de la pression totale à l'arête antérieure bc,

$$(17) \qquad X = \frac{mk + \frac{1}{2}\left(\frac{1}{3} + \frac{2}{3}m\right)l}{k + \frac{1}{2}k'}\,l.$$

Le bras de levier de la pression par rapport à l'axe de la mèche est $X - l'$, en appelant l' la distance de cet axe à l'arête avant. Le moment de torsion est donc

$$\mathfrak{M} = f(X - l').$$

En faisant le calcul, à l'aide des valeurs de α_1 ou $\alpha - \varepsilon'$ obtenues au n° 12, nous obtenons, pour le *Henri-IV*,

	Première expérience	Deuxième expérience.
m	0,251	0,263
$\frac{1}{3} + \frac{2}{3}m$	0,501	0,509
x	0,678	0,710
x'	$1^m,352$	$1^m,373$
X	$0^m,753$	$0^m,755$
$X - l'$	$0^m,053$	$0^m,055$
$\mathfrak{M}$	562^{kgm}	218^{kgm}

D'après ces chiffres, qui présentent un degré d'exactitude inaccoutumé, les gouvernails du *Henri-IV* sont très bien équilibrés. La fatigue des organes doit être faible quand les mouvements ne sont pas trop brusques. Le travail à dépenser pour la manœuvre est presque entièrement dû aux résistances passives.

14. Calcul de la résistance de l'eau sur la carène — Passons maintenant à l'étude de la pression de l'eau F sur la carène.

L'équation (8), la valeur de f_1 étant connue, donne immédiatement la composante de F perpendiculaire à l'axe du navire,

$$F_1 = I\cos\theta + f_1. \tag{8}$$

Le résultat du calcul numérique est le suivant :

	Première expérience.	Deuxième expérience.
	kg	kg
$I\cos\theta$	96 260	27 450
f_1	9 320	3 500
F_1	105 580	30 950

L'équation (7), au contraire, ne pourra pas servir à la détermination de la composante F_2, tant que l'on ne mesurera pas la poussée Q_1, avec un dynamomètre, au cours de la giration. Il faut, pour évaluer F_2, prendre une voie un peu détournée.

Considérons le navire en marche normale avant l'évolution. Le travail de la poussée QV est égal au travail utile du moteur Huu', produit du travail brut sur les pistons H par les rendements mécaniques u, u' de la machine et de l'hélice, qui sont tous deux connus approximativement dans la marche normale. Nous avons donc, en transformant les chevaux de H en kilogrammètres,

$$Q = \frac{75H}{V}uu'. \tag{18}$$

Cette poussée Q est égale à la résistance de l'eau en marche rectiligne, laquelle diminue pendant la giration dans le rapport des carrés des vitesses suivant l'axe et devient ainsi égale à F_2. Nous avons donc

$$F_2 = Q\frac{V_1^2\cos^2\theta}{V^2}. \tag{19}$$

Il reste à évaluer le mieux possible u et u', qui, d'après les valeurs très fortes du coefficient d'utilisation M dans le Tableau du n° 11, doivent approcher des chiffres les plus élevés dont on ait l'exemple (1).

---

(1) Le coefficient M est celui qui sert à exprimer la vitesse des navires, en fonction de la puissance H et de la maîtresse section B^2, par la formule

$$V = M\sqrt[3]{\frac{H}{B^2}}.$$

Dans l'essai à grande vitesse, nous admettrons les rendements de 0,90 pour les machines et 0,85 pour les hélices. Dans l'essai à petite allure, u a nécessairement diminué, mais u' a dû garder la même valeur, si même il n'a pas augmenté; nous nous arrêterons aux deux chiffres 0,75 et 0,85.

Les deux équations (18) et (19) conduisent alors aux résultats suivants :

	Première expérience.	Deuxième expérience.
u	0,90	0,75
u'	0,85	0,85
uu'	0,765	0,6375
$\frac{75\,H}{V}$	61 430^{kgm}	15 450^{kgm}
Q	46 990^{kg}	9850^{kg}
$\frac{V_1^2 \cos^2\theta}{V^2}$	0,268	0,324
F_2	12 630^{kg}	3175^{kg}

La valeur de F_2 étant ainsi connue, l'équation (7) donne la valeur de la poussée Q_1, pendant la giration,

$$Q_1 = I \sin\theta + F_2 + f_2.$$

De la valeur de Q_1 se déduit celle du rendement total $u_1 u'_1$, à l'aide de la formule (19),

$$u_1 u'_1 = Q_1 \frac{V_1}{75 H_1}.$$

Enfin le rendement de la machine étant resté le même avant et pendant la giration, dans chaque expérience, le rendement des hélices se trouve déterminé.

En effectuant ces calculs, nous obtenons les résultats suivants :

	Première expérience.	Deuxième expérience.
Q_1	47 610^{kg}	11 460^{kg}
$u_1 u'_1$	0,44	0,46
u_1	0,90	0,75
u'_1	0,49	0,61

En comparant les valeurs de Q_1 à celles de F_2, on remarquera que, dans les girations, il n'y a guère plus du quart de la poussée des hélices utilisé pour la propulsion du navire (1).

(1) Au début de la giration, les valeurs de $I \sin\theta$ et de F_2 sont beaucoup plus élevées, en raison

La supériorité du rendement u'_1 des hélices, dans l'essai à petite vitesse, pourrait étonner, si l'on n'avait, pour l'expliquer, une différence dans le recul des hélices, qui a été 0,454 dans la première expérience et 0,369 seulement dans la seconde.

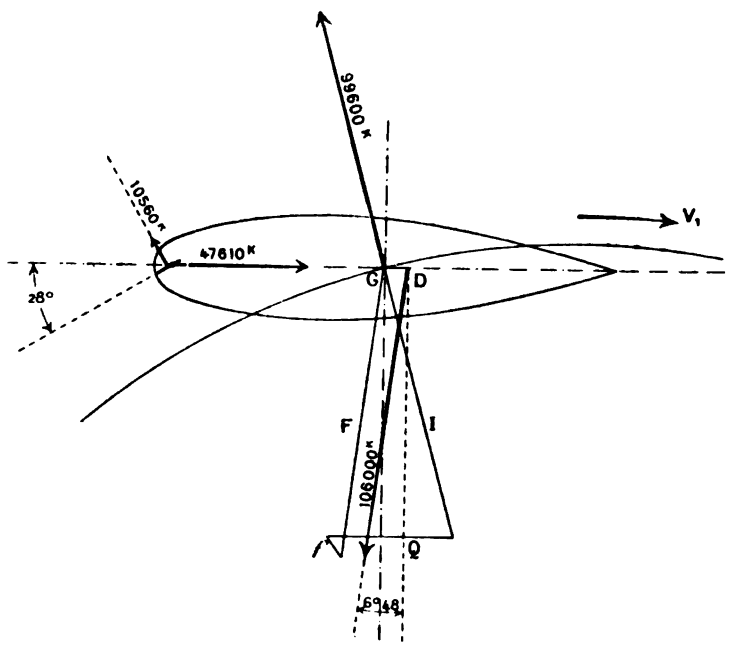
Les deux rendements sont sensiblement en raison inverse des deux reculs.

Les valeurs obtenues pour F_1 et F_2 donnent, pour la résultante F et pour l'angle ψ de sa direction avec l'axe transversal du navire :

	Première expérience.	Deuxième expérience.
F.....	106 000^{kg}	31 300^{kg}
ψ.....	6° 48′	5° 53′

La résultante F fait donc en moyenne, avec l'axe transversal, un angle de

Fig. 12.



$6°\frac{1}{2}$ seulement. Ainsi se trouve justifié le recours à l'essai de traction transversale, à défaut de mieux, pour déterminer la position du point D.

La figure 12 représente, pour la première expérience, le polygone des forces Q, F, f et de leur résultante, la force centripète I.

---

de la vitesse plus grande du navire; la valeur de $I \sin\theta$, à elle seule, atteindrait 100^t environ, si l'angle de dérive de 14°5 était pris immédiatement.

15. **Point d'application de la résistance de l'eau sur la carène.** — Les différentes forces qui agissent sur le navire animé d'un mouvement de rotation uniforme étant toutes connues comme intensité, comme direction et aussi, sauf pour la force F, comme position, rien n'est plus simple, en principe, que de déterminer le point d'application de la force F. Il suffit, en effet, de faire la somme des moments de toutes les forces autour de l'axe de rotation véritable et permanent C et d'écrire que cette somme est nulle, pour avoir une équation renfermant, comme unique inconnue, la distance de la force F au point du navire auquel il plaît de la rapporter, soit le centre de gravité, soit simplement la perpendiculaire milieu.

Reportons-nous à la figure 2 et prenons pour inconnue la distance GD ou d, le diamètre de giration considéré étant, par définition, celui du cercle décrit par le point G.

Le moment de F par rapport au centre de rotation C est

$$-F_1\left(\frac{D}{2}\sin\theta - d\right) - F_2\frac{D}{2}\cos\theta;$$

le moment de f est

$$+f_1\left(\frac{D}{2}\sin\theta + a\right) - f_2\frac{D}{2}\cos\theta;$$

le moment de la poussée Q_1 est

$$+Q_1\frac{D}{2}\cos\theta.$$

L'équation des moments est donc

$$(20)\qquad F_1\left(\frac{D}{2}\sin\theta - d\right) = (Q_1 - F_2 - f_2)\frac{D}{2}\cos\theta + f_1\left(\frac{D}{2}\sin\theta + a\right).$$

Le calcul numérique donne

$$(Q_1 - F_2 - f_2)\frac{D}{2}\cos\theta = 4\,433\,000,$$

$$f_1\left(\frac{D}{2}\sin\theta + a\right) = \quad 793\,000;$$

nous tirons de là

$$\frac{D}{2}\sin\theta - d = 49^m,5,$$

et, comme nous avons

$$\frac{D}{2}\sin\theta = 38^{m},2,$$

nous arrivons finalement à

$$d = -11^{m},3.$$

Le détail du calcul numérique montre combien la valeur de d, obtenue par la différence entre deux longueurs, l'une et l'autre beaucoup plus grandes que d et d'une exactitude incertaine, est elle-même beaucoup plus incertaine encore. Les erreurs possibles sur l'angle θ peuvent changer non seulement la valeur numérique trouvée pour d, mais même son signe. En résumé, l'équation (20) des moments autour du centre C, qui n'est propre qu'à déterminer d, ne peut pas rendre de services à la théorie des girations, tant que la mesure de θ ne sera pas faite par des moyens plus précis que ceux en usage.

Pour obtenir d'autres indications sur la position du point D, j'ai d'abord exécuté à Paris une expérience de traction latérale sur un modèle du *Henri-IV* au centième, qui a donné les résultats suivants (¹) :

y, distance en arrière de la perpendiculaire milieu.....	$0^{m},10$
h, hauteur au-dessous de la flottaison.....	$0^{m},50$

Le centre de gravité G, en charge normale, est à $0^{m},52$ en arrière de la perpendiculaire milieu, et à $0^{m},06$ au-dessus de la flottaison.

La marche dans la traction latérale se rapproche assez bien des conditions de la giration sous le rapport de la direction de la résistance F, comme on le voit d'après les valeurs trouvées par l'angle ψ; mais elle en diffère complètement sous le rapport des angles de dérive θ.

Pour établir la loi qui lie la position du point D à l'angle de dérive θ, une série d'expériences de remorque oblique sous différents angles a été exécutée à Cherbourg sur un modèle du *Henri-IV* au quarantième. Les résultats sont très intéressants, non pas tant au point de vue de l'étude de la giration que de celle de la stabilité de route. En effet, dans les embardées d'un navire barre droite, la trajectoire parcourue, qui est un arc de grand rayon, se rapproche beaucoup de la marche oblique en dérive; les deux mouvements se confondent même à la

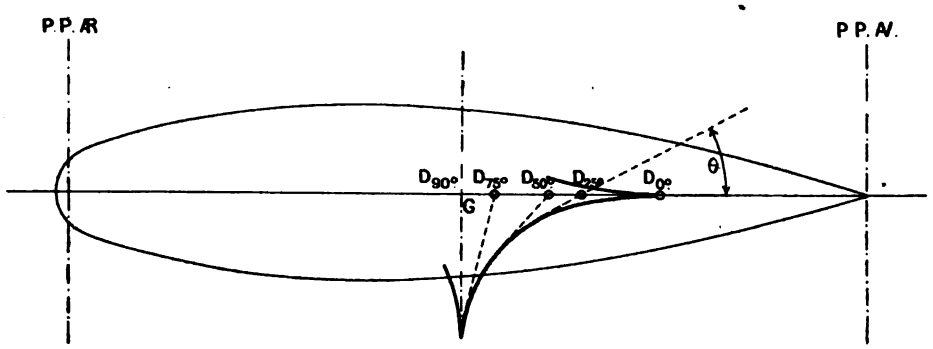
(¹) La traction latérale est celle pour laquelle on a $\theta = 90°$; l'angle ψ n'est pas tout à fait nul. On pourrait aussi la définir par la condition que la trajectoire suive la direction de la remorque $\theta = 90° - \psi$; la différence serait peu appréciable.

limite quand l'angle θ tend vers zéro. Dans les girations de court diamètre, au contraire, la pression latérale de l'eau sur la partie arrière de la carène devient prépondérante, comme dans le cas des figures 8 et 9; par suite, la direction et la position de F sont toutes différentes de ce qu'elles sont dans le cas de la marche oblique.

D'après les résultats relevés avec beaucoup de soin par M. Doyère, la position du point D varie régulièrement avec la direction de la route oblique, de telle sorte que les droites obliques, faisant avec l'axe du navire les angles θ, menées par les points D correspondants, ont une courbe enveloppe représentée figure 13. Cette courbe, qui n'est pas sans analogie avec une développée métacentrique, a son point de rebroussement D_0 au centre de dérive limite qui intéresse la stabilité de route.

Les diverses directions de F, menées par les positions correspondantes de D,

Fig. 13.



ont une courbe enveloppe analogue à la précédente mais moins régulière, qui a son point de rebroussement sur l'axe à la même position D_0.

Pour les valeurs de θ correspondant aux deux essais de giration du *Henri-IV*, M. Doyère a trouvé les chiffres suivants :

θ.	ψ.	*y*.	*d*.
$14°\frac{1}{2}$	$60°\frac{1}{2}$	$+18^m,94$	$+18^m,84$
11°	$67°\frac{1}{2}$	$+19^m,90$	$+19^m,80$

Pour les valeurs de ψ obtenues dans les girations, on aurait, dans la marche oblique rectiligne,

ψ.	θ.	*v*.	*d*.
6°48′	$91°\frac{2}{3}$	-1^m	$-1^m,10$
5°53′	$92°\frac{1}{3}$	$-0^m,84$	$-0^m,94$

Ces résultats ne sont donnés qu'à titre de curiosité, pour montrer la différence entre la giration et la marche rectiligne oblique. Il importe, au contraire, de bien noter la position du point D_0, pour lequel on a

$$y_0 = +\,2^{m},10,$$
$$d_0 = +\,2^{m},00,$$

chiffres qui déterminent la stabilité de route.

D'après les premiers résultats recueillis en mer, la position du centre, ou plutôt du métacentre de dérive du *Henri-IV*, doit être regardée comme une limite extrême à ne pas dépasser vers l'avant, sous peine de tomber dans l'instabilité de route. Une légère addition de plans minces à l'arrière a même été demandée au début; plus tard l'état de choses actuel a été jugé satisfaisant. En vertu de la première décision, la modification demandée d'abord sera exécutée en partie seulement.

On connaîtra sans doute rarement la position du métacentre de dérive des navires; mais il sera toujours facile de déterminer, comme terme de comparaison, le centre de dérive d'un modèle dans l'expérience de traction transversale. J'indiquerai, en regard de la valeur de d dans cette expérience sur le modèle du *Henri-IV*,

$$d = 0^{m},52 - 0^{m},10 = 0,42,$$

celle du modèle du *Sfax* déterminée en 1883 et trouvée égale à $-\,0^{m},27$, ce qui reporte le centre de dérive à $0^{m},69$ plus en arrière. Dans ces conditions, la stabilité de route du *Sfax* a été jugée excellente, bien qu'il n'y ait pas d'hélice sur l'avant du gouvernail. Par contre, les qualités évolutives du *Sfax* sont très inférieures à celles du *Henri-IV*. Enfin, à défaut de toute expérience de modèle, on a des indications sur la stabilité de route, en consultant la position du centre géométrique du plan de dérive.

Une étude exacte exigerait des expériences, non de traction, mais de giration sur les modèles. Le modèle au quarantième du *Henri-IV* a précisément été exécuté pour des essais de giration faits à Cherbourg en 1897 en suivant les lois de la similitude dynamique; mais ces expériences ont eu pour but, uniquement, l'étude de la bande donnée par le navire sous l'action du gouvernail.

16. **Expression empirique du moment de résistance à la giration.** — L'étude des forces en jeu, et particulièrement celle de l'action du gouvernail f_1, conduit à quelques déductions au sujet du moment M considéré au n° 3

$$M = \mu\omega^{x}.$$

L'exposant x peut se calculer d'après les résultats de deux essais faits sur un même navire, tels que ceux du *Henri-IV*, pour lesquels μ doit être le même; nous trouvons ainsi

$$x = \frac{\log M_1 - \log M_2}{\log \omega_1 - \log \omega_2}.$$

Dans l'ignorance où nous sommes de la position du point D et du moment de F_1, nous ne pouvons faire qu'une supposition, celle de la proportionnalité assez vraisemblable de ce moment M au moment de f_1. Le bras de levier de f_1 étant d'ailleurs le même dans les deux essais, il est inutile d'en tenir compte dans la différence des logarithmes de M. Nous avons donc, d'après les valeurs de f_1 calculées plus haut, et celles des deux vitesses angulaires correspondantes ω, qui sont 0,0267 et 0,0122,

$$x = \frac{\log 9320 - \log 3500}{\log 0{,}0267 - \log 0{,}0122} = 1{,}25.$$

Ce chiffre de 1,25 semble faible. Cependant l'erreur la plus apparente qui a dû être commise est une erreur en moins, puisque nous avons négligé le changement de position du point D qui, dans l'essai à petite vitesse, devait être plus loin vers l'avant, l'angle de dérive étant moindre.

Si nous voulions tenir compte de la valeur de F_1, aussi bien que de celle de f_1, en prenant le moment de ces deux forces par rapport au point pour lequel ils sont égaux, le moment M serait proportionnel, dans chaque expérience, à

$$\frac{F_1 f_1}{F_1 + f_1},$$

au lieu de l'être simplement à f_1. En faisant le calcul dans cette supposition, la valeur obtenue pour x est 1,28, bien peu différente de 1,25. Nous pouvons donc nous en tenir au chiffre de 1,25, du moins pour le *Henri-IV*.

Cherchons maintenant pour M une expression empirique, permettant d'établir des comparaisons entre des navires pour lesquels les calculs se feraient de la même manière.

Prenons, pour bras de levier de la force f_1, la distance de la mèche du gouvernail à la perpendiculaire milieu, qui est $47^m,40$ sur le *Henri-IV*, nous trouvons, pour le moment μ correspondant à l'unité de vitesse angulaire,

$$\mu = \frac{441\,770}{0{,}0267^{1,5}} = \frac{165\,900}{0{,}0122^{1,5}} = 40\,888\,000.$$

Si nous considérons la rotation comme exécutée autour de la perpendiculaire

milieu, le moment de résistance μ est proportionnel au tirant d'eau h et à une puissance de la demi-longueur représentée par 1 pour la surface de dérive, plus 1,25 pour l'exposant de la vitesse angulaire, plus 1 pour le bras de levier, en tout 3,25; il faut diviser par 3,25 pour tenir compte de l'intégration, et multiplier par 2 pour tenir compte des deux moitiés du navire. Nous avons donc

$$\mu = K \frac{2}{3,25} h \left(\frac{L}{2}\right)^{3,25}. \tag{21}$$

En faisant le calcul pour le *Henri-IV*, nous trouvons

$$\frac{2}{3,25} h \left(\frac{L}{2}\right)^{3,25} = 1838700,$$

d'où

$$K = 25^{kg}.$$

Le coefficient de résistance à la giration K, applicable à chaque navire, pour les girations exécutées barre toute, tient évidemment compte d'effets très complexes, parmi lesquels figurent ceux des évidements des plans minces aux extrémités du navire, de la position du point D, etc.

Bien que la formule (21) soit entièrement empirique, et que les calculs de moments reposent sur des décompositions de forces faites dans des cas où les décompositions de vitesse seules sont permises, ainsi qu'il a été bien spécifié au n° 3, il faut remarquer que le moment de résistance μ répond à des résistances, qui existent réellement, à une rotation autour du milieu.

En effet, dans la giration véritable, toutes les pressions sur la carène sont bien de même sens, de l'avant à l'arrière, et dirigées vers l'intérieur du cercle décrit. Mais ces pressions, en raison de la distance au centre C (*fig.* 2), sont plus fortes à l'arrière qu'à l'avant. Il y a une pression moyenne, qui, si elle était la même partout, produirait uniquement la force centripète résultante. Retranchant cette valeur moyenne de toutes les pressions élémentaires, il reste des excédents à l'arrière, des déficits à l'avant. Ce sont les moments de ces excédents et de ces déficits qui constituent le moment de résistance à la rotation, dans le mouvement tel que nous l'avons considéré.

CHAPITRE III.

DE LA BANDE DONNÉE PAR LES NAVIRES PENDANT LA GIRATION.

17. **Conséquences dangereuses de l'inclinaison imprimée par les girations.** — On est resté longtemps incrédule au sujet du danger de chavirement, qui peut résulter du couple d'inclinaison composé par les forces F_1, f_1, d'une part, et par $I\cos\theta$, d'autre part. Les avertissements n'avaient cependant pas fait défaut. Habituellement la grande hauteur de l'accastillage, par exception l'énorme largeur des monitors, assurent toutes les garanties de sécurité. A la fin de 1877, la hauteur et la largeur faisant à la fois défaut dans les œuvres-mortes d'un nouveau garde-côte, copie imparfaite d'un modèle étranger, on dut constater, non sans stupéfaction, que la giration sur la gauche, barre toute et à toute vitesse, mènerait droit au chavirement. L'addition d'une tôlerie légère a suffi pour écarter le péril; mais il suffirait également d'avaries minimes pour le faire renaître tel qu'au début. L'exemple ne profita pas. Il serait cruel de dresser la liste des cuirassés mis en chantier, tant en France qu'à l'étranger, pendant les vingt années postérieures à l'essai du *Tonnerre*, qui tous seraient mis dans une situation analogue, ou même pire, par des avaries de combat (1). La terrible catastrophe du *Victoria*, en 1893, n'a plus permis la moindre illusion; une seule brèche à la flottaison avaient bien mis un grand cuirassé en état d'instabilité sous l'action de son gouvernail.

L'étude de la puissance défensive des bâtiments de guerre et de la sécurité des paquebots, au point de vue qui nous occupe, comprend deux parties :

1° La détermination du couple d'inclinaison dû à la giration et de son travail pendant que le navire s'incline;

(1) Écrit quelques semaines avant la bataille de Tsou-Sima.

2° La détermination du maximum de couple et de travail, de plus en plus faible, que peut supporter un navire, considéré dans des états d'avaries de plus en plus graves.

J'ai abordé le second de ces deux problèmes, à la fin de 1890, par la méthode des expériences de stabilité sur modèles démontables, à laquelle on a ajouté depuis lors divers procédés de calculs. Les résultats numériques obtenus ont été utilisés, au fur et à mesure des expériences, pour la préparation des plans des nouveaux navires de la flotte; je les ai résumés, dans un Mémoire du 25 février 1904, écrit spécialement à l'intention des commandants de ces navires, qui ne serait point ici à sa place.

Je vais envisager uniquement la première question, celle du couple d'inclinaison produit par le mouvement giratoire, de son moment et de son travail. Son étude a été l'origine première de mes recherches sur les lois de ce mouvement.

18. **Etat actuel des connaissances sur le danger de chavirement.** — Pour l'intelligence du sujet, je dois rappeler d'après quels caractères on peut reconnaître comme sûre, dangereuse, désespérée, la situation d'un navire soumis à un moment d'inclinaison, qui est, dans le cas actuel,

$$M = I z \cos\theta, \tag{22}$$

z étant la distance en hauteur entre le centre de dérive et le centre de gravité (1).

Soit, pour l'état du navire considéré, intact ou endommagé, ODF (*fig.* 14) la courbe des moments de stabilité ou de redressement M′ portés en ordonnées,

$$M' = P(\rho - a)\sin\varphi, \tag{23}$$

les angles d'inclinaison φ étant pris pour abscisses.

Les hauteurs métacentriques $\rho - a$ (notation usuelle) varient plus ou moins vite avec φ.

Portons, en Oa, la valeur du moment qui vient agir à un moment donné sur le navire et qui le force à s'incliner. Deux hypothèses extrêmes sont à envisager au sujet de la formation de ce moment et, par suite, de son travail pendant le mouvement d'inclinaison.

---

(1) La lettre M représente, dans le Chapitre III, des moments d'inclinaison autour de l'axe longitudinal, après avoir représenté, dans les Chapitres I et II, des moments de résistance à la rotation autour de l'axe vertical.

Aucune confusion n'est à craindre.

1° Le moment M, partant de zéro, croît lentement et graduellement; le navire peut suivre constamment sa position d'équilibre; le moment de redressement M′ représenté par la courbe est, à chaque instant, égal et contraire au moment d'inclinaison.

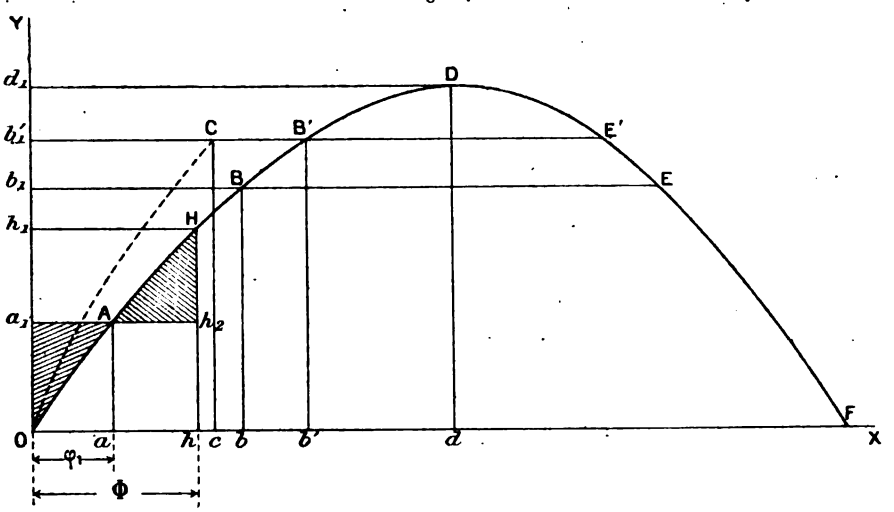
Dans ce cas, la somme des travaux des deux moments est nulle. Le navire arrive sans vitesse angulaire appréciable à sa position d'équilibre en a, il reste immobile après avoir décrit l'angle Oa ou φ.

La stabilité statique a été seule en jeu.

2° Le moment M surgit instantanément avec sa valeur définitive Oa_1; il agit sur le navire, partant du repos, comme le couple de redressement agit au début d'un rappel de roulis.

Pendant que le navire parcourt l'angle Oa, le travail du couple moteur M est alors $OaAa_1$, tandis que celui du moment de redressement M′ est resté égal

Fig. 14.



à OAa seulement. Le navire arrive en a, à sa position d'équilibre, avec une force vive équivalente à la différence des deux travaux précédents, c'est-à-dire à OAa_1; il dépasse cette position, et, de même que dans l'abattée succédant à un rappel, il s'arrête seulement après avoir parcouru l'arc ah, pour lequel l'excès AHh_2 du travail de redressement est égal à OAa_1. Nous négligeons ici le ralentissement dû aux résistances passives.

La stabilité dite *dynamique* est cette fois entrée en jeu. Son effet est représenté par l'aire AHh_2.

La condition de sécurité, en stabilité statique, est que le moment M soit inférieur à Od_1.

La condition de sécurité, en stabilité dynamique, est que la courbe ODF

puisse fournir, en travail résistant, l'équivalent du travail moteur. Traçons l'horizontale BE telle que les deux aires BDE et OBb_1 soient égales; Ob_1 est la limite extrême au delà de laquelle le moment M fait chavirer le navire.

Si la loi de croissance du moment M n'est pas connue, la situation du navire est la suivante :

Sous un moment d'inclinaison inférieur à Ob_1 ou M_1, la sécurité est assurée.

Sous un moment supérieur à Od_1 ou M_2, le chavirement est certain.

Sous un moment compris entre M_1 et M_2, la situation est douteuse; elle peut être dangereuse.

Il est commode de se représenter les moments M_1 et M_2 par les angles d'inclinaison statique β et δ qu'ils feraient prendre au bâtiment intact. Le navire, dans l'état supposé sur la figure 14, peut supporter le moment qui le ferait incliner de Ob ou β à l'état intact, et ne peut pas supporter celui qui le ferait incliner de Od ou δ. Entre β et δ, la marge à l'incertitude peut se trouver assez grande.

Si la loi de croissance du moment M est connue, si elle est représentée, par exemple, comparativement à celle du moment M', par la courbe OC, figure 14, alors toute l'incertitude disparaît. Le travail moteur, pour une valeur finale Ob'_1 du moment M, défalcation faite du travail de redressement, est l'aire OCB'. La stabilité dynamique exige l'égalité entre le segment B'D E' et le triangle OCB'; l'horizontale B'E', qui satisfait à cette condition, marque la limite exacte où le chavirement a lieu. Le maximum de M est Ob'_1 ou M_3; il correspond à une valeur de β plus élevée que celle correspondant à M_1.

Nous pouvons maintenant établir le bilan exact des inconnues à déterminer et des données expérimentales à l'aide desquelles on peut obtenir les solutions.

Il faut déterminer :

1° Le moment d'inclinaison M parvenu à sa valeur définitive M_a. Ce moment, qui ne dépend que de F, f, z, n'est nullement influencé par l'état d'avaries d'un navire, pas plus que ne le sont les paramètres D, T, 0 de son mouvement giratoire.

2° La loi de croissance du moment M pendant qu'il varie de zéro à M_a, d'après laquelle peut être obtenue, sur la figure 14, la position de l'horizontale B'E'; la valeur du moment Ob'_1, auquel le navire peut résister dans l'état considéré, est déterminée par cette position.

Les données expérimentales fournies par les essais de giration du navire intact sont :

1° L'angle d'inclinaison φ_0 dans l'état de giration permanent, dont la valeur de M_a peut être déduite d'après l'équation (23).

2° L'angle d'inclinaison maximum Φ, qui dépend de la loi de croissance du

moment M et qui permet de se rendre compte de cette loi, directement pour le navire intact, par extension pour le navire en avaries.

La mesure des angles φ_0 et Φ est soumise à deux sortes d'erreurs, les unes systématiques et les autres accidentelles, indépendamment des erreurs d'observation.

Les erreurs systématiques proviennent de l'emploi du pendule comme instrument de mesure, sans correction de l'inclinaison propre du pendule. Ce sont toujours des erreurs par excès, quand le navire s'incline vers l'extérieur du cercle. Elles sont les mêmes, en valeur absolue, sur φ_0 et sur Φ.

Les erreurs accidentelles résultent du roulis. Elles sont surtout à craindre, comme erreurs par excès, sur les relevés de Φ, pour lesquels l'observateur est disposé à prendre les plus grands angles possibles.

En somme, les données sont surtout imparfaites, en ce qui concerne la valeur de Φ sur le navire intact et la loi de croissance OC dans divers états d'avaries. Avant d'avoir eu connaissance, par le tracé et l'examen de la figure 6, de la loi qui lie les deux angles α et θ, il était permis de penser que le moment M ne croîtrait pas beaucoup plus vite que l'angle α, ce qui permettrait au navire de suivre assez fidèlement sa position d'équilibre pour que l'aire du triangle OCB′, (*fig.* 14), restât très faible; le moment M_3 différerait alors peu de M_2; la condition de stabilité statique serait presque seule à considérer. Cette supposition rassurante n'est plus de mise maintenant; il faut admettre la possibilité d'une croissance de l'angle de dérive θ et, par suite, du moment M, assez brusque pour faire intervenir sérieusement la stabilité dynamique.

19. **Calcul et observation de la bande permanente.** — Rappelons d'abord l'importance que présente par lui-même, et à la simple lecture, l'angle de bande permanente φ_0, quand on a déterminé la stabilité d'un navire dans divers états d'avaries, c'est-à-dire calculé les trois angles δ, β', β, pour chacun de ces états. L'angle φ_0 est la limite supérieure, au-dessous de laquelle doivent tomber δ, β' ou tout au moins β, pour qu'il y ait, soit danger imminent, soit simple menace de chavirement.

L'angle φ_0 est toujours très faible, si on laisse de côté les cas exceptionnels de quelques navires défectueux. On peut citer, comme valeur élevée, une inclinaison de $4^\circ\frac{1}{2}$ observée sur le *Magenta* et probablement entachée d'erreur, comme nous le verrons tout à l'heure. Sur les navires de modèle nouveau, on trouve l'indication, pour la *Marseillaise,* d'un angle de 3° qui serait aussi à corriger, et celles, plus vraisemblables, de 2° pour le *Desaix* et $1^\circ\frac{1}{2}$ pour le *Kléber*. Sur le *Henri-IV,* dans l'essai de giration à grande vitesse, la commission a enregistré un angle φ_0 de 1°, constitué à peu près entièrement par l'erreur systématique due au pendule.

La faiblesse de φ_0 est telle que les erreurs commises dans sa mesure sont du même ordre de grandeur que cet angle lui-même. Il est donc nécessaire, quand on a des déductions de quelque importance à en tirer, de n'accepter les relevés d'observation qu'après critique et discussion.

L'erreur de mesure due à l'inclinaison du pendule est facile à corriger, d'après les données D, T du cercle de giration. La force d'inertie i supposée appliquée au pendule est, en effet,

$$i = \frac{2p}{g}\frac{V_1^2}{D} = \frac{2p}{g}\frac{\pi^2 D}{T^2}.$$

L'angle d'inclinaison, dans le plan du diamètre de giration, a donc pour tangente

$$\text{(24)} \qquad \operatorname{tang}\gamma = \frac{2\pi^2}{g}\frac{D}{T^2} = 2\frac{D}{T^2},$$

qui représente l'erreur commise avec une approximation suffisante, en laissant de côté un facteur $\cos\theta$ sensiblement égal à l'unité.

Le calcul numérique donne, pour valeur de γ, un demi-degré environ, exactement 35′20″, pour l'essai du *Magenta* cité plus haut, ce qui constitue une erreur appréciable, et deux tiers de degré à retrancher de 1°, dans l'observation du *Henri-IV*.

La correction de l'erreur γ ne suffit pas pour permettre d'utiliser les valeurs relevées pour φ_0. Comme il peut, en outre, y avoir des erreurs personnelles atteignant un demi-degré, et des erreurs dues au roulis atteignant un demi-degré à un degré, même par beau temps, il faut s'assurer que les bras de levier z du couple d'inclinaison $Iz\cos\theta$, correspondant à ces valeurs de φ_0, sont acceptables.

La valeur de φ_0 est, en effet, d'après les deux équations (22) et (23),

$$\text{(25)} \qquad \sin\varphi_0 = \frac{Iz\cos\theta}{P(\rho - a)},$$

ce qui donne pour z, quand φ_0 est connu,

$$\text{(25′)} \qquad z = \frac{P(\rho - a)\sin\varphi_0}{I\cos\theta}.$$

En appliquant la formule (25′) à l'inclinaison de $4^\circ\frac{1}{2}$ trouvée sur le *Magenta*, on trouverait une valeur de z de près de $7^m,9$ tout à fait déraisonnable. La correction γ d'un demi-degré n'est pas suffisante; il faut encore réduire φ d'au moins un degré, pour autres erreurs, si l'on veut arriver, pour z, à une valeur

acceptable. Les résultats observés sur le *Desaix* et le *Kléber*, qui donnent respectivement, pour z, $2^m,70$ et $2^m,60$, sont, au contraire, assez plausibles.

Examinons maintenant le cas du *Henri-IV*, sur lequel, la position du centre de dérive ayant été déterminée dans une expérience de modèle, la valeur de z est connue.

Le centre de gravité du *Henri-IV* est à $0^m,06$ au-dessus de la flottaison; nous avons donc, d'après la valeur de h mesurée sur le modèle,

$$z = 0^m,50 + 0^m,06 = 0^m,56,$$

et, la hauteur métacentrique $\rho - a$ étant égale à $3^m,23$,

$$\varphi_0 = 6'30'',$$

dans l'essai de giration à $14^n,8$ de vitesse.

Cette valeur de φ_0 étant exacte à quelques minutes près, la valeur observée de 1° n'enregistrait que la somme des erreurs d'observation, dont la principale, γ, atteignant 40′.

La propriété du *Henri-IV*, de supporter l'action du gouvernail sans donner de bande, qui a été vérifiée, postérieurement aux essais officiels, ne provient pas seulement de sa grande stabilité initiale; elle résulte aussi de la très faible valeur donnée à z, ainsi que cela avait déjà été obtenu autrefois sur le *Sfax*. Les formes transversales du *Henri-IV* ont été spécialement étudiées à l'aide d'essais de giration faits sur un modèle, en vue de faire tomber le point D sensiblement à la même hauteur que le centre de gravité G. Tous les navires ne se prêtent pas à cette recherche, qui exige une grande largeur de flottaison; mais il est possible, dans certains cas, que le but soit dépassé; le *Rochambeau*, par exemple, a dû, d'après ses formes, prendre son inclinaison vers l'intérieur du cercle de giration.

Le *Henri-IV* n'a rien à craindre du moment d'inclinaison M_a, quelque graves que soient les avaries reçues, qui pourraient le mettre hors de combat et même en perdition sous d'autres rapports. A ce point de vue, l'effet de la faible valeur de z a, sur celui de la grande valeur de $\rho - a$, l'avantage d'être indestructible, alors que la stabilité est battue en brèche par les coups de l'ennemi. Pas plus que les brèches au-dessus du caisson blindé ne peuvent réduire le *Henri-IV* à l'état du *Tonnerre* primitif, les brèches dans le caisson même ne peuvent le réduire à l'état du *Victoria* éperonné par le *Camperdown*.

Pour les navires ordinaires, qui ne jouissent pas de la propriété spéciale au *Henri-IV*, l'inclinaison φ'_0, produite par le moment d'inclinaison M_a sur le navire en avaries, se déduit immédiatement de la valeur de φ_0 et des deux courbes de stabilité du navire avant et après avaries.

Sur la première courbe on relève en ordonnée la valeur de M_a correspondant à l'abscisse φ_0. Sur la seconde courbe, on relève en abscisse la valeur de φ'_0 correspondant à l'ordonnée M_a.

Les angles φ_0 ne donnent donc lieu à aucun autre calcul que celui des corrections d'erreurs d'observations.

20. Calcul de l'inclinaison maximum. — Au sujet de l'inclinaison maximum, nous avons à considérer sa mesure expérimentale sur le navire intact et son calcul, en fonction de la bande permanente φ_0, soit sur le navire intact, soit sur le navire en avaries.

Au sujet du relevé expérimental de Φ sur le navire intact, nous n'avons rien à ajouter à ce qui est dit, au numéro précédent, des erreurs de mesure à craindre et des moyens de les éviter ou de les corriger.

Il nous reste à établir la valeur théorique de Φ, de telle sorte que, de la formule obtenue, on puisse déduire, en se servant de la valeur de Φ déterminée expérimentalement à l'état intact, la forme de la courbe OC (*fig.* 14), ou du moins la valeur du travail OCB'. La connaissance de ce moment doit servir ensuite, comme nous l'avons dit plus haut, à calculer, sur la courbe de stabilité du navire en avaries, la valeur du moment limite de chavirement Ob'_1. Revenant ensuite à la courbe de stabilité du navire intact, on aura la bande permanente, c'est-à-dire la valeur particulière de φ_0 qui correspond à ce moment Ob'_1.

Pour obtenir ces résultats, il faut faire intervenir dans le calcul le temps η, indépendant de l'état d'avaries, que met le moment d'inclinaison M dû à l'action du gouvernail à atteindre sa valeur permanente M_a. On y arrive de la manière suivante.

Analysons le mouvement du navire, qui s'incline sous l'action du couple $I z \cos\theta$ nul à l'origine, quand l'angle de barre α est encore nul, croissant ensuite, avec θ, en même temps que α. Soient φ l'inclinaison d'équilibre angulaire et ζ l'inclinaison réelle du navire, différente de φ, à chaque instant.

L'équation différentielle du mouvement angulaire du navire est

$$\sum mr^2 \frac{d^2\zeta}{dt^2} = P(\rho - a)(\varphi - \zeta). \tag{26}$$

Les inclinaisons Φ ne devant jamais atteindre 8° et rarement dépasser 5°, les sinus peuvent être remplacés par les arcs et la hauteur métacentrique reste constante.

En désignant par τ la demi-période du roulis

$$\tau = \pi \sqrt{\frac{\Sigma mr^2}{P(\rho - a)}}, \tag{27}$$

l'équation (26) s'écrit

$$\left(\frac{\tau}{\pi}\right)^2 \frac{d^2\zeta}{dt^2} + \zeta - \varphi = 0. \tag{26'}$$

En éliminant la solution particulière,

$$\zeta = \varphi,$$
$$\frac{d^2\zeta}{dt^2} = 0,$$

qui correspond à l'équilibre sous la bande finale φ_0, l'intégration donne la solution générale

$$\zeta = \varphi + \nu \sin\frac{\pi}{\tau} t + \nu_1 \cos\frac{\pi}{\tau} t. \tag{28}$$

Les deux constantes arbitraires ν et ν_1 se déterminent commodément, en choisissant, pour origine des temps, le passage du navire à sa position d'équilibre.

L'angle de dérive θ et, avec lui, l'angle d'inclinaison d'équilibre φ, bien que croissant plus vite que l'angle de barre α, d'après ce que la figure 6 fait supposer, croissent plus lentement que l'angle d'inclinaison du navire dans le roulis naturel de période 2τ. Le navire suit donc de près sa position d'équilibre, et la différence $\zeta - \varphi$ est négligeable devant φ, quand l'inclinaison atteint la valeur finie φ_0. Nous avons ainsi

$$t = 0, \qquad \varphi = \varphi_0, \qquad \zeta = \varphi_0, \qquad \nu_1 = 0.$$

L'équation (28) se réduit alors à

$$\zeta = \varphi_0 + \nu \sin\frac{\pi}{\tau} t, \tag{28'}$$

l'angle φ devenant constant et égal à φ_0 à partir du passage à la position d'équilibre. Différentions (28) pour calculer les vitesses angulaires,

$$\frac{d\zeta}{dt} = \nu \frac{\pi}{\tau} \cos\frac{\pi}{\tau} t. \tag{29}$$

A l'origine, pour $t = 0$, la vitesse angulaire est

$$\left(\frac{d\zeta}{dt}\right)_0 = \nu \frac{\pi}{\tau}. \tag{30}$$

Pendant la première partie du mouvement, de durée approximative τ_1, avant le passage à l'équilibre, nous pouvons admettre que l'angle de dérive 0 croissait, de même que α, proportionnellement au temps; le mouvement angulaire de la position d'équilibre était ainsi produit par un couple dont le moment était proportionnel au temps. Les vitesses angulaires devaient donc être de la forme

$$\frac{d\zeta}{dt} = w\frac{t^2}{2},$$

et les angles ζ de la forme

$$\zeta = w\frac{t^3}{6} = \frac{d\zeta}{dt}\frac{t}{3},$$

ce qui donne, pour $\zeta = \varphi_0$, au bout du temps τ_1,

$$\varphi_0 = \left(\frac{d\zeta}{dt}\right)_0 \frac{\tau_1}{3}. \tag{31}$$

Les deux équations (30) et (31) donnent, d'autre part,

$$\nu\frac{\pi}{\tau} = 3\frac{\varphi_0}{\tau_1},$$

d'où la valeur de la constante ν,

$$\nu = \frac{3}{\pi}\frac{\tau}{\tau_1}\varphi_0.$$

L'équation (29), pour la seconde partie du mouvement, dans laquelle l'angle ζ dépasse l'inclinaison d'équilibre φ_0, donne ainsi, en intégrant,

$$\zeta = \varphi_0 + \frac{3}{\pi}\frac{\tau}{\tau_1}\varphi_0 \sin\frac{\pi}{\tau}t. \tag{32}$$

Le maximum de ζ, qui est l'angle Φ cherché, est atteint après la demi-durée $\frac{\tau}{2}$ d'un roulis naturel accompli depuis le passage à la position d'équilibre, ainsi qu'il était facile de le prévoir. Sa valeur est

$$\Phi = \varphi_0 + \frac{3}{\pi}\frac{\tau}{\tau_1}\varphi_0 = \varphi_0\left(1 + \frac{3}{\pi}\frac{\tau}{\tau_1}\right),$$

qu'il est permis d'écrire

$$\Phi = \varphi_0\left(1 + \frac{\tau}{\eta}\right). \tag{33}$$

Ainsi apparaît, comme unique inconnue, dans une équation où φ_0 et Φ sont des quantités données par l'observation, le temps η que doit mettre le moment d'inclinaison M à atteindre sa valeur permanente M_a, à partir de l'instant où la barre du gouvernail a commencé son mouvement.

Nous pouvons, de l'équation (33), tirer la valeur de η

$$\eta = \tau \frac{\varphi_0}{\Phi - \varphi_0}. \tag{34}$$

Les formules précédentes s'appliquent au navire en avaries aussi bien qu'au navire intact. Si nous introduisons les notations relatives à l'état d'avarie, η reste le même, puisqu'il ne dépend que du mouvement de la barre, mais la demi-période du roulis τ varie en raison inverse de la racine carrée de la hauteur métacentrique $\rho - a$ (équation 27). Nous avons ainsi

$$\Phi' = \varphi'_0\left(1 + \frac{\tau'}{\eta}\right), \tag{33'}$$

$$\eta = \tau' \frac{\varphi'_0}{\Phi' - \varphi'_0}. \tag{34'}$$

Il ne serait pas impossible, en principe, de déduire la valeur de τ' de celle de τ, les courbes de stabilité dans les deux états du navire correspondants étant connues. On tirerait ensuite la valeur de Φ' de l'équation (33') en y donnant à η la valeur numérique fournie par l'équation (34).

Cette manière d'opérer serait à la fois peu commode et nécessairement inexacte, lorsque l'angle Φ' embrasserait un arc de la courbe de stabilité sur lequel la hauteur métacentrique $\rho - a$ subirait des variations importantes. On obtient des résultats à la fois plus simples et plus exacts en revenant à la considération du travail accompli par le couple d'inclinaison pendant que le navire décrit les angles dont nous venons de calculer la valeur.

21. Travail du couple d'inclinaison sur le navire intact. — Reprenons la formule (33) en l'écrivant sous la forme

$$\Phi = \varphi_0(1 + \lambda), \tag{35}$$

c'est-à-dire en posant

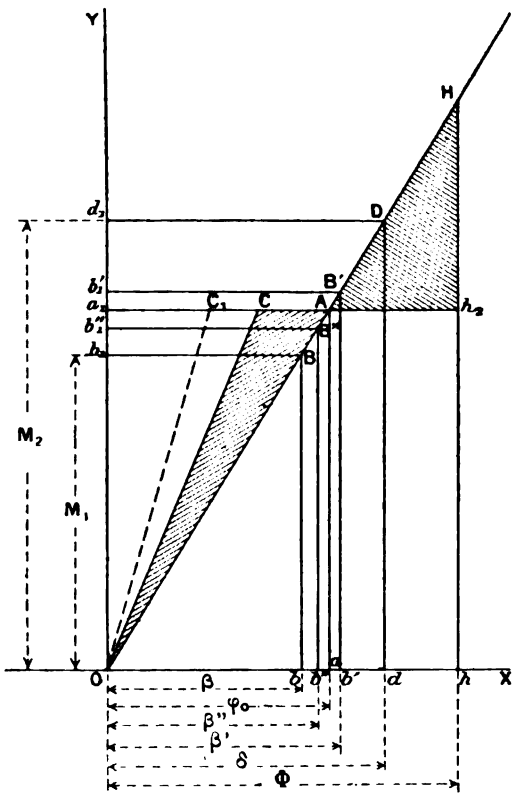
$$\lambda = \frac{\tau}{\eta} = \frac{\Phi}{\varphi_0} - 1. \tag{36}$$

Étudions le travail du couple de stabilité pendant que le navire, dépassant sa position d'équilibre, parcourt l'angle $\Phi - \varphi_0$ ou $\lambda\varphi_0$.

L'angle Φ ne devant, dans les essais de giration, atteindre que rarement 6° et jamais 8°, il est permis de remplacer par sa tangente le petit arc de sinusoïde qui représente le moment de stabilité dans les environs de l'origine des coordonnées.

Dans ces conditions, si Oa représente l'angle φ_0 et Oh l'angle Φ (*fig.* 15),

Fig. 15.



le travail résistant de la stabilité, pendant que le navire parcourt l'angle $\Phi - \varphi_0$, est représenté par l'aire du triangle AHh_2. Si nous supposons la loi de croissance du moment M représentée par la droite OC, le travail moteur, pendant le parcours de l'angle φ_0, est représenté par le triangle OCA. Ces deux travaux son égaux.

Appelons q le travail moteur OCA, excès du travail du moment M sur celui du moment de stabilité, et Q le travail Oa_1A, qui aurait été le travail moteur si la croissance de M à l'origine avait été instantanée et si sa valeur M_a avait été immédiatement atteinte. Posons

$$\frac{q}{Q} = \Lambda; \tag{37}$$

nous avons

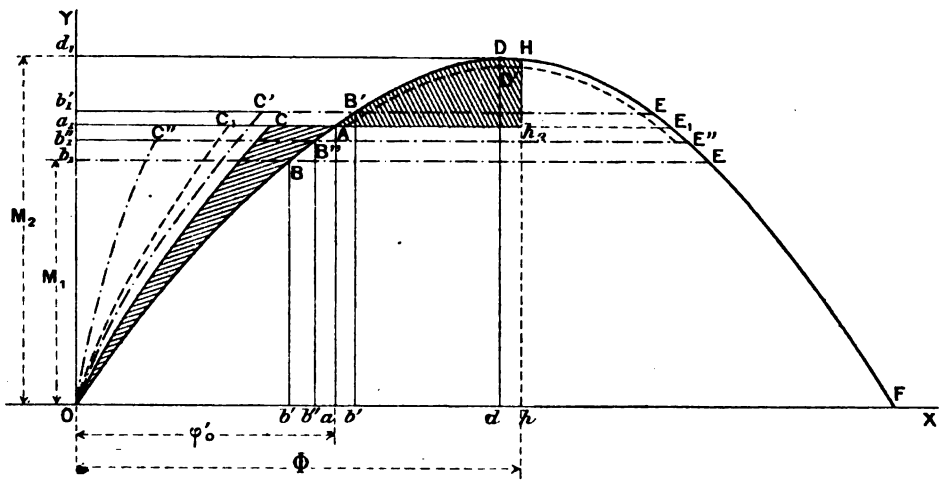
$$\Lambda = \frac{AH h_2}{OA a_1} = \frac{(\Phi - \varphi_0)(\sin\Phi - \sin\varphi_0)}{\varphi_0 \sin\varphi_0}, \tag{38}$$

après la suppression des facteurs communs au numérateur et au dénominateur. Si nous remplaçons les sinus par les arcs, cette équation devient

$$\Lambda = \frac{(\Phi - \varphi_0)^2}{\varphi_0^2} = \left(\frac{\Phi}{\varphi_0} - 1\right)^2 = \lambda^2. \tag{39}$$

22. **Détermination de la limite de chavirement.** — Le rapport Λ entre les deux travaux q et Q étant ainsi déterminé en fonction des angles φ_0 et Φ sup-

Fig. 16.



posés connus, nous pouvons reprendre et terminer l'étude ébauchée figure 14. Nous déterminerons ainsi, d'une manière exacte et précise, la limite au delà de laquelle les avaries produisent le chavirement et en deçà de laquelle elles ne le produisent pas, sous l'action du moment M_a.

Traçons (*fig.* 16) la courbe des moments de stabilité après avaries du navire

auquel, à l'état intact, la figure 15 est applicable. Sur les deux figures le moment d'inclinaison Oa_1 ou M_a résultant de la giration est le même, mais l'inclinaison correspondante Oa est beaucoup plus grande dans le cas de la figure 16. Voyons ce que la ligne OC est devenue.

Sur la figure 16, la droite OBH de la figure 15 est devenue une courbe sur laquelle il n'est plus permis de remplacer même l'arc OB par une ligne droite. De plus l'angle φ_0 a augmenté; il est devenu φ'_0 satisfaisant toujours à la condition

$$P(\rho' - a)\sin\varphi'_0 = M_a, \tag{23'}$$

le nouveau rayon métacentrique ρ' étant plus petit que ρ.

Le moment M_a n'a d'ailleurs pas changé. Le temps mis par le navire à atteindre l'inclinaison φ'_0 est aussi resté le même que le temps mis à atteindre l'inclinaison φ_0 sur le navire intact, parce que ce temps ne dépend que de la loi d'accroissement de l'angle de dérive θ, sur laquelle les avaries du navire n'ont pas d'influence. Il résulte de là, bien que les temps n'apparaissent pas sur la courbe des moments, que les deux moments, moment d'inclinaison et moment de redressement, et par suite aussi leur différence, sont restés les mêmes, à chaque instant, que dans la giration du navire intact; ils correspondent seulement à des valeurs de l'inclinaison φ plus grandes, dans le rapport de φ'_0 à φ_0.

Nous pouvons conclure de là, pour le travail q de la différence entre les deux moments, l'égalité très approximative

$$\frac{q'}{q} = \frac{\varphi'_0}{\varphi_0}. \tag{40}$$

Le travail du moment M, si ce moment avait, dès l'origine, sa valeur définitive M_a, serait rigoureusement proportionnel à l'angle φ_0. De là résulte, en tenant compte de ce qui vient d'être admis pour le moment de redressement, l'égalité

$$\frac{Q'}{Q} = \frac{\varphi'_0}{\varphi_0}. \tag{41}$$

Nous tirons de ces deux égalités

$$\frac{q'}{Q'} = \frac{q}{Q} = \Lambda. \tag{42}$$

Le problème de la détermination de la stabilité dynamique sur le navire en avaries se trouve ainsi entièrement résolu.

Traçons sur la figure 16 le triangle OAC, sans nous préoccuper de sa forme, mais en lui donnant une surface satisfaisant à la condition

$$\frac{\text{OAC}}{\text{OA}a} = \Lambda,$$

le rapport Λ et l'aire OAa étant connus. Prenons ensuite, dans le segment ADE, une portion AHh_2 égale à OAC et nous reconnaissons que la réserve de stabilité dynamique est plus que suffisante pour amortir la vitesse acquise au passage en A. Il n'y a donc pas chavirement.

Pour que le chavirement se produisît, avec le rapport de Λ adopté, il aurait fallu un état d'avaries plus grave, abaissant la courbe de stabilité comme il est indiqué en pointillé.

Pour que le chavirement se produisît, avec la courbe ODE telle qu'elle est figurée en trait plein, il aurait fallu que le rapport Λ fût plus fort, tel que la courbe OC fût remplacée par OC$_1$ et que l'on eût

$$\text{aire OC}_1\text{A} = \text{aire ADE}.$$

Le problème ainsi résolu complètement en théorie, il reste à fixer la valeur du coefficient Λ qui doit varier notablement d'une classe de navires à l'autre. Il n'existe actuellement que de rares observations de l'angle Φ; la seule série un peu complète est celle qui a été donnée par la Commission d'essais du *Magenta*, en même temps que celle des neuf valeurs correspondantes de φ_0. Je la reproduis ci-dessous sans aucune correction. Il aurait été facile de calculer les erreurs γ, formule (23); mais, comme il en serait résulté une augmentation du rapport de Φ à φ_0 et que ce rapport est déjà probablement trop grand, la correction eût été intempestive:

Φ....	4°30′	3°30′	5°30′	5°	7°45′	6°15′	5°45′	7°30′	6°
φ_0...	2°30′	2°15′	3°15′	4°	4°	4°30′	4°	4°15′	3°
$\frac{\Phi}{\varphi_0}$...	1,80	1,55	1,69	1,25	1,94	1,39	1,44	1,76	2

La moyenne générale est 1,62 donnant

$$\lambda = 0{,}62, \qquad \Lambda = 0{,}38.$$

Ces valeurs sont vraisemblablement assez approchées.

J'ai représenté figure 16, en OC′B′, le travail moteur qui, avec le coefficient Λ égal à un tiers, produirait juste le chavirement. Le moment statique correspondant est Ob'', un peu supérieur à Oa_1.

Il existe un certain nombre d'observations isolées, sur la *Marseillaise* par exemple, indiquant pour Φ la valeur $2\varphi_1$, ce qui donnerait

$$\lambda = 1, \qquad \Lambda = 1.$$

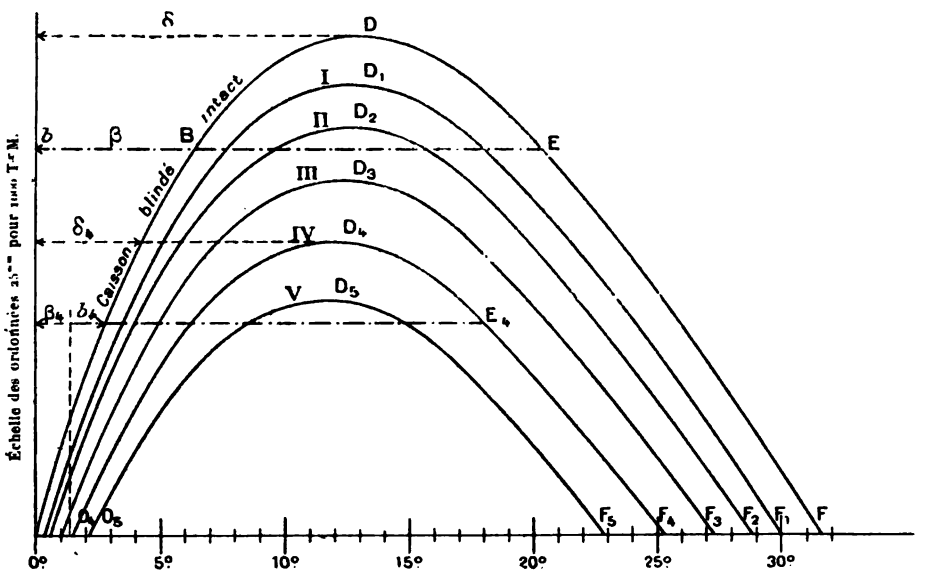
Sans aller jusque-là, ce qui serait inadmissible, on peut admettre que la valeur 0,38 pour Λ n'est pas un maximum. J'ai donc représenté, sur la figure 16, la courbe de croissance des moments M qui correspondrait au coefficient A égal à deux tiers, pour le cas limite du chavirement. Cette courbe est OC″ et le moment limite Oc_1'' se rapproche naturellement de celui du chavirement Ob_1 correspondant au théorème élémentaire de la stabilité dynamique.

C'est maintenant aux observateurs de nous fixer définitivement sur les valeurs absolues et relatives des deux angles d'inclinaison φ_0 et Φ, leur importance pour l'étude des conditions de sécurité des navires étant une fois comprise.

APPENDICE.

Pour faciliter l'intelligence du chapitre III et en particulier celle de la figure 16, et pour faire bien comprendre l'importance du sujet traité dans ce

Fig. 17.

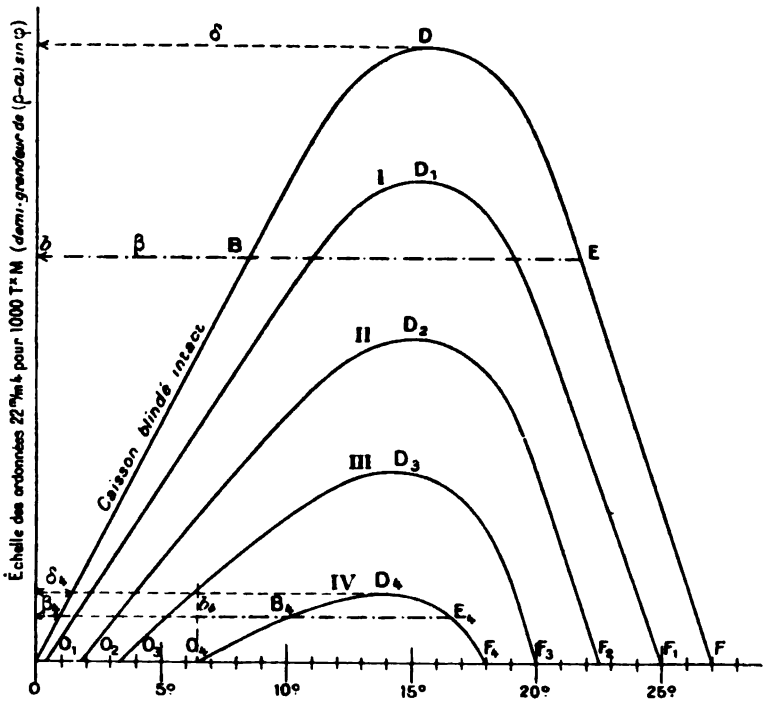


chapitre, il est nécessaire de montrer, par quelques exemples, les états successifs par lesquels passe la courbe de stabilité des navires de guerre soumis à des avaries de combat.

J'ai choisi, à cet effet, le *Henri-IV* et la *Patrie,* qui représentent deux types de cuirassés actuels différant radicalement l'un de l'autre, dont la comparaison offre un intérêt particulier.

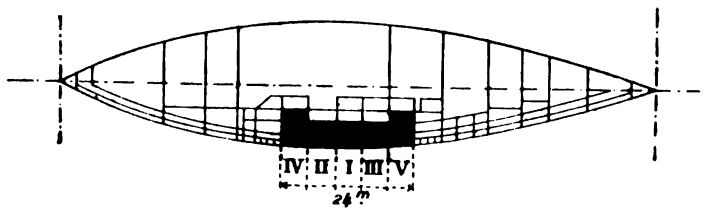
Les deux figures 17 (*Henri-IV*) et 18 (*Patrie*) représentent, pour chacun de ces deux navires, une série de courbes obtenue à l'aide des expériences de

Fig. 18.



modèles démontables dont il est question au n° 17. L'état d'avaries correspondant à chaque courbe est représenté figures 17 *bis* et 18 *bis*. La courbe

Fig. 17 *bis*.

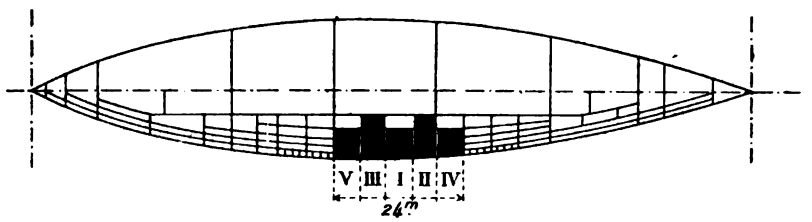


de 1 avarie (*fig.* 17), par exemple, correspond à l'ouverture à la mer des compartiments I de la figure 17 *bis*; la courbe de 2 avaries correspond à l'ouverture des compartiments I et des compartiments I réunis, et ainsi de suite.

Lorsque les deux angles φ_0 et Φ auront été observés au cours des essais de

giration de la *Patrie* et que, par suite, la valeur du coefficient Λ sera connue pour ce navire, la construction représentée figure 16 permettra, sur la figure 18, de déterminer, pour chacun des états d'avaries considérés I, II, III, ..., N, la valeur exacte du moment statique qui, en agissant dynamiquement dans les conditions du couple produit par la giration, amènerait le chavirement. De

Fig. 18 *bis*.



la valeur de chacun de ces moments on déduira celle de l'inclinaison φ_1, φ_2, φ_3, ..., φ_n qu'il imprimerait statiquement au navire intact; cette inclinaison φ_n opère le départage cherché, dans la marge comprise entre les deux angles β_n et δ_n (toujours mesurés sur la courbe du navire intact), qui correspondent à chaque état d'avaries du bâtiment.

L'état d'avaries N, auquel se produit le danger de chavirement, sous la seule action du gouvernail, est celui à partir duquel l'angle φ_n devient supérieur à φ_0.

Pour le *Henri-IV*, sur lequel l'angle φ_0 est pratiquement égal à zéro, la construction qui précède n'a pas de raison d'être faite. Le danger de chavirement sous l'action du gouvernail est le dernier des dangers à redouter.

La figure 17 a été donnée simplement à titre de comparaison pour montrer, par la forme des deux réseaux de courbes, la différence qui sépare les deux types de cuirassés, genre croiseur et genre monitor, sous le rapport des propriétés faisant l'objet du présent Mémoire.

Les résultats numériques, relevés sur les figures 17 et 18 tracées à grande échelle, sont :

Henri-IV.

	Caisson intact.	1 avarie.	2 avaries.	3 avaries.	4 avaries.	5 avaries.
Bande initiale OO_1...	0°	0°20′	0°40′	1°	1°30′	2°10′
Angle γ	31°15′	29°45′	28°30′	27°	24°55′	22°30′
Angle δ	10°30′	8°	6°50′	5°45′	4°40′	3°45′
Angle β	6°15′	5°30′	4°50′	4°15′	3°30′	2°55′
Volume ouvert à l'eau.	0^{m3}	36^{m3}	72^{m3}	108^{m3}	164^{m3}	220^{m3}

Patrie.

	Caisson intact.	1 avarie.	2 avaries.	3 avaries.	4 avaries.
Bande initiale OO_1.....	0°	0°25′	1°40′	3°	6°20′
Angle γ.....	26°55′	24°50′	22°30′	19°50′	17°50′
Angle δ.....	13°30′	10°30′	6°55′	4°	1°30′
Angle β.....	8°50′	6°35′	4°25′	2°40′	1°
Volume ouvert à l'eau	0$^{m^3}$	73$^{m^3}$	173$^{m^3}$	273$^{m^3}$	346$^{m^3}$

TABLE DES MATIÈRES.

CHAPITRE PREMIER.

LOIS GÉNÉRALES DU MOUVEMENT.

		Pages
1.	Exposé du sujet	1
2.	Du mouvement giratoire à son origine et dans son état permanent	2
3.	Équations relatives à l'état permanent de la giration	4
4.	Données expérimentales	7
5.	Relation entre l'angle de barre et le diamètre du cercle de giration	7
6.	Relation entre la vitesse du navire et le diamètre du cercle de giration	9
7.	Comparaison entre différents navires, sous le rapport du diamètre de giration	10
8.	Qualités évolutives et instabilité de route	11
9.	Relation entre l'angle de dérive et l'angle de barre	12
10.	Relation entre l'angle de dérive et le diamètre du cercle de giration	15

CHAPITRE II.

CALCUL DES FORCES EN JEU. — APPLICATION AU *Henri-IV*.

11.	Données relatives aux girations du *Henri-IV*	17
12.	Calcul de la pression de l'eau sur les safrans du gouvernail	17
13.	Calcul du moment de la pression précédente par rapport à la mèche	21
14.	Calcul de la résistance de l'eau sur la carène	23
15.	Point d'application de la résistance de l'eau sur la carène	27
16.	Expression empirique du moment de résistance à la giration	30

CHAPITRE III.

DE LA BANDE DONNÉE PAR LES NAVIRES PENDANT LA GIRATION.

17.	Conséquences dangereuses de l'inclinaison imprimée par les girations	33
18.	État actuel des connaissances sur le danger de chavirement	34
19.	Calcul et observation de la bande permanente	37
20.	Calcul de l'inclinaison maximum	40
21.	Travail du couple d'inclinaison sur le navire intact	43
22.	Détermination de la limite de chavirement	45
	APPENDICE	49

ARCHÉOLOGIE

ET

HISTOIRE DES SCIENCES,

PAR

M. BERTHELOT,

SECRÉTAIRE PERPÉTUEL DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

INTRODUCTION.

L'étude de la Métallurgie antique et celle des procédés techniques employés, soit par les ouvriers qui fabriquaient les métaux, soit par les opérateurs qui les mettaient en œuvre dans les travaux d'art et d'industrie, est d'un intérêt que personne ne méconnaît. Elle repose sur deux ordres de renseignements, les uns empruntés aux textes des historiens et mieux encore des praticiens, les autres tirés de l'examen direct des objets conservés dans les monuments, ou retrouvés dans les fouilles. La certitude des uns et des autres est d'ailleurs subordonnée à la date authentique des textes et des monuments eux-mêmes : ces textes et ces monuments se contrôlent dans une certaine mesure. C'est là une œuvre immense et indéfinie, dans laquelle les savants qui y concourent ne sauraient avoir d'autre ambition que celle d'apporter leur modeste contribution personnelle.

Je me suis efforcé de le faire dans les deux ordres de connaissances qui

viennent d'être signalés : d'un côté, j'ai poursuivi la publication et le commentaire des textes techniques, pour la plupart inédits ou incompris, tels que les Ouvrages des alchimistes grecs (1), syriens (2), arabes (3), les Traités d'arts et métiers des premiers siècles du moyen âge latin (4), etc. D'autre part, je me suis attaché à l'étude et à l'analyse chimique des échantillons de métaux antiques (5) provenant de la Chaldée (6) et de l'Égypte; échantillons d'origine authentique, tirés soit des musées publics, soit des fouilles que MM. Sarzec, de Morgan et autres ont effectuées, tant dans les tombeaux et débris des cités antiques, que dans les galeries ruinées des mines du Sinaï et dans les fondations du palais de Khorsabad.

J'ai réuni dans les pages qui suivent les recherches expérimentales et les études historiques et critiques relatives aux Sciences naturelles que j'ai publiées ultérieurement, depuis une quinzaine d'années.

Ces recherches et études font suite à mes livres antérieurs sur les *Origines de l'Alchimie*, et de la Chimie, sur l'histoire de la Chimie et des Sciences et arts connexes dans l'antiquité et au moyen âge. Sans constituer à aucun degré un traité d'ensemble et un exposé synthétique, comme ceux des Ouvrages précédents, — les sujets examinés sont trop vastes et trop complexes, — il m'a paru utile de réunir les travaux originaux que j'ai poursuivis depuis lors, dans la même direction générale, pour servir à la connaissance des Sciences et des industries d'autrefois. C'est à ce titre plus modeste que je les présente au public.

Je crois devoir rappeler ici la liste des Articles et Mémoires précédemment publiés dans l'*Introduction à la Chimie des anciens et du moyen âge :*

Notices de Minéralogie, de Métallurgie et diverses : Liste alphabétique, p. 228 à 268.
Sur quelques métaux et minéraux provenant de l'ancienne Chaldée; âges du cuivre et du bronze, p. 219 à 227.
Sables aurifères traités par le plomb, p. 274.
Sur le nom du bronze, p. 275 à 279.
Sur le nom de l'antimoine, p. 279-281.
L'arsenic métallique connu des anciens, p. 281.
La soudure autogène au moyen âge, p. 283.
Procédé pour rendre une étoffe incombustible, p. 284.
Séparation de l'or et de l'argent au moyen âge, p. 285.
Les fleurs en Alchimie, p. 286.

---

(1) *Collection des anciens alchimistes grecs*, texte et traduction, 3 vol. in-4°, 1887-1888.
(2) *La Chimie au moyen âge*. In-4°, t. II, 1893.
(3) *Ibid.*, t. III.
(4) *Ibid.*, t. I.
(5) *Introduction à la Chimie des anciens et du moyen âge*. In-4°, 1889.
(6) *La Chimie au moyen âge*, t. I, p. 391 et suivantes. — *Annales de Chimie et de Physique, passim.*

et les articles contenus dans le Tome I^er^ de l'histoire de *la Chimie au moyen âge :*

Sur l'origine du nom du bronze, p. 356.

Sur les âges de cuivre et de bronze et sur le sceptre de Pépi I^er^, roi d'Égypte, p. 356-366.

Sur les noms Qalaï, Callaïs, et sur celui de l'étain, p. 367.

De l'emploi du vinaigre dans le passage des Alpes par Annibal, ainsi que dans la guerre et les travaux de mines chez les anciens, p. 370-375.

Examen d'un vin antique, p. 376.

Sur la manne du Sinaï, p. 385.

Sur quelques objets de cuivre de date très ancienne, provenant des fouilles de M. de Sarzec en Chaldée, p. 391.

Il convient d'ajouter à cette liste de travaux, relatifs à l'histoire des Sciences, les publications que j'ai faites : d'après deux manuscrits latins (1) de la Bibliothèque royale de Munich; d'après un manuscrit latin de la Bibliothèque nationale de Paris (n° 7239, XV^e^ siècle); d'après le manuscrit latin 11015 de Paris daté de 1335 et d'après un manuscrit (2) intitulé *Bellifortis,* de Gottingue, daté de 1405; publications où j'ai reproduit par la photogravure plus de 180 grandes figures de machines de guerre du moyen âge, en les comparant avec celles de l'antiquité.

Les nouvelles recherches contenues dans le présent Volume sont comprises dans deux sections, savoir :

1^re^ *section.* — Elle comprend l'analyse des métaux et objets divers, trouvés dans des fouilles relatives aux monuments historiques de l'Égypte, de la Chaldée, de la Susiane et même de l'Occident romain et du moyen âge; quelques-uns de ces objets sont même préhistoriques. J'y joindrai des recherches sur les altérations lentes éprouvées sous l'influence des siècles par les métaux et les substances organiques conservées sous la terre, ou dans les ruines des édifices antiques, voire même dans les musées.

2^e^ *section.* — Elle comprend diverses Notices d'une forme plus générale, mais toujours originales, relatives à l'histoire des Sciences et principalement à l'histoire de la Chimie et de l'Alchimie, dans l'antiquité et chez les nations orientales, Perse, Inde, Chine : sujet peu connu jusqu'ici et sur lequel j'ai recueilli un certain nombre de documents nouveaux. J'y ai joint quelques études relatives aux sciences médicales et aux sciences physiques dans l'antiquité.

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique,* 6^e^ série, t. XXIV, 1891, p. 433-521 (n° 197, XV^e^ siècle).

(2) *Même Recueil,* 7^e^ série, t. XIX, 1902, p. 289-420. — *Voir* aussi dans le *Journal des Savants* mes études sur ce manuscrit et sur le petit Traité de machines de guerre, intitulé *de Rebus Bellicis,* de l'époque théodosienne; janvier 1900, p. 1-15; février 1900, p. 85-94; mars 1900, p. 171-178.

J'ai cru devoir faire suivre ces études personnelles par la transcription de documents originaux, savoir :

Le papyrus grec de Leyde, texte et traduction. — Le texte a déjà été publié par Leemanns, mais à un petit nombre d'exemplaires, et dans une collection spéciale (1). Ce texte a une telle importance et sa connaissance complète est tellement nécessaire pour l'intelligence de mes autres Ouvrages relatifs à l'histoire de la Chimie, qu'il m'a paru utile d'en faire une publication nouvelle dans le présent Recueil de mes travaux.

J'y joindrai un texte inédit, celui de la traduction latine du *Livre des soixante-dix*, la seule œuvre authentique de Geber qui existe, à ma connaissance, dans les manuscrits alchimiques latins. Tous les autres Ouvrages attribués à Geber dans ces manuscrits et publiés jusqu'ici sont apocryphes (2); comme je l'ai démontré par la publication des textes arabes appartenant réellement à ce chimiste renommé (3); l'histoire de la Science ayant été faussée complètement jusqu'ici par la méconnaissance de cette pseudo-épigraphie.

---

(1) A la fin de mon volume sur les *Origines de l'Alchimie*, j'avais reproduit la liste des titres des articles de ce papyrus, d'après Reuvens (p. 223), ainsi que deux des pages du manuscrit, d'après une photographie (p. 327-330).

(2) *La Chimie au moyen âge*, t. I, p. 231, 239, 241, 287, 291, 299, et surtout p. 336 à 350.

(3) *Même ouvrage*, t. III, p. 16 à 23, p. 31 à 36, p. 126 à 225.

PREMIÈRE SECTION.

MÉTAUX ET OBJETS DIVERS TROUVÉS DANS DES FOUILLES.

Je partagerai l'exposé de mes observations en six groupes :

1° Fouilles d'Égypte;
2° Fouilles de Chaldée;
3° Fouilles de Susiane;
4° Époque romaine et moyen âge;
5° Préhistoriques;
6° Altérations lentes des métaux et des substances organiques produites sous l'influence de l'air et de l'eau.

PREMIER GROUPE.

FOUILLES D'ÉGYPTE.

I. — Outils et armes de l'âge du cuivre pur en Égypte et en Arménie.

Voici le résultat de mes nouvelles recherches sur les débuts de la fabrication des métaux, spécialement du cuivre et du bronze, et sur leurs premières applications industrielles : ce sont là des questions d'un haut intérêt pour l'histoire de la civilisation. Elles ne sauraient être éclaircies par des conceptions *a priori* plus ou moins vraisemblables, mais uniquement par l'examen des textes anciens, et surtout par celui des monuments et des outils, que l'on retrouve chaque jour dans les nécropoles, dans les ruines des anciennes cités et dans les restes des exploitations minières. Il est particulièrement important d'opérer sur des produits d'origine bien connue et de date bien établie.

Le présent travail est consacré à l'examen et à l'analyse de divers objets originaires, les uns d'Égypte, Négadah et Abydos, et touchant à l'âge de pierre, c'est-à-dire coexistant avec des armes en silex; les autres du Caucase; tous objets que M. de Morgan a bien voulu me confier. Il fait suite à mes travaux déjà publiés dans mon *Introduction à l'Étude de la Chimie des anciens* (1889) et dans le Tome I[er] de mon histoire de *la Chimie au moyen âge* (1893).

A. — Objets provenant de l'ancienne Égypte.

M. de Morgan m'a adressé, le 28 mars 1897, des objets, les uns trouvés par lui, et d'autres par M. Amelineau, remontant aux âges les plus anciens de l'Empire égyptien : le tout m'est parvenu le 10 avril.

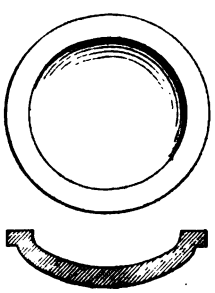
Sur l'origine, je ne puis que m'en remettre à la garantie de M. de Morgan, dont on connaît la légitime autorité en ces questions; la date ne pouvant être rendue absolument certaine que dans le cas où des objets de ce genre portent des inscriptions, telles que celles du sceptre de Pépi Ier en Égypte (1), ou bien de la lance du roi de Kish, à Tello (2). A défaut d'une inscription sur l'objet même, la certitude, ou plutôt la probabilité, résulte de l'examen des produits trouvés dans la même tombe, jointe à la démonstration, que la tombe n'a pas été violée à des époques postérieures, comme il est trop souvent arrivé en Égypte; les voleurs ayant pu y introduire ou y abandonner des instruments et matériaux divers, contemporains de leur temps.

1. Le premier objet que j'ai examiné et le plus ancien est une sorte de *cupule métallique* rougeâtre, trouvée à Négadah, dans une sépulture royale extrêmement ancienne, en compagnie de diverses autres choses et de courtes inscriptions en caractères très archaïques. On y a rencontré de longues lames de silex taillées, des animaux en ivoire et en cristal de roche, des vases d'obsidienne et de terre cuite, et quelques fragments d'or. Ces antiquités seraient, croit-on, les plus anciennes connues en Égypte. La sépulture qui les renferme était composée de 27 chambres; elle n'avait pas été spoliée, mais complètement brûlée, peu de temps après l'inhumation.

Voici les résultats fournis par la cupule de cuivre que M. de Morgan m'a adressée.

Elle est de forme circulaire; elle présente à sa partie supérieure un diamètre de 52^{mm} dans une direction, de 54^{mm} dans la direction rectangulaire; le rebord

Fig. 1.



est plan sur une largeur de 5^{mm} à 6^{mm} et une épaisseur de 4^{mm}; puis l'objet est creusé en forme de coupe, profonde au centre de 10^{mm} en tout, à compter

(1) *La Chimie au moyen âge*, t. I, p. 365.

(2) *Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, t. XI, p. 61.

depuis la surface supérieure du rebord, c'est-à-dire de 6^{mm} au-dessous du plan inférieur limitant le rebord qui vient d'être signalé.

L'épaisseur du métal au fond est de 5^{mm}. L'objet est en outre recouvert d'une double patine : l'une verte, formant enduit; l'autre blanche, irrégulièrement répartie.

Cette cupule est fragile, c'est-à-dire facile à briser; sans doute par suite de la désagrégation du métal, résultant de ce qu'elle est oxydée à cœur. En effet, elle est constituée par du cuivre métallique, en grande partie transformé en protoxyde. La matière ne renferme ni arsenic, ni autres métaux en proportion notable.

L'enduit vert contient du chlore, de l'acide carbonique et du cuivre, c'est-à-dire de l'atakamite (oxychlorure) et du carbonate de cuivre. L'oxychlorure de cuivre a servi d'intermédiaire à la transformation du cuivre en protoxyde, conformément à un mécanisme régulier, que j'ai défini par des expériences et qui préside à l'altération progressive et continue des objets de cuivre archaïques, soit sous terre, soit même dans les musées (1). De là résulte l'apparence actuelle de beaucoup d'objets de cuivre antiques, que l'on a cru parfois avoir été fabriqués à l'origine avec du protoxyde de cuivre; tandis que la formation de ce dernier composé est consécutive. La portion superficielle de la patine de la cupule, dans ses régions blanchâtres, renfermait du carbonate de chaux, du sable et une trace de chlorures.

Quelle était la destination de l'objet que je viens de décrire? C'est ce qu'on ne peut guère décider, en l'absence de tout autre en relation avec lui. Toutefois, il semble difficile d'admettre qu'il constituât un ensemble à destination propre (sauf le cas d'amulette?). C'était sans doute un appendice rattaché à quelque objet plus considérable, formé de bois ou d'une matière organique (étoffe, cuir, etc.), qui a disparu : par exemple l'*umbo* d'un bouclier, ou l'ornement de ces armes en bois, usitées chez les anciens Égyptiens, à l'époque reculée où les métaux étaient encore trop rares et trop précieux pour être prodigués. En tout cas, l'absence de l'étain et de tout autre métal en proportion notable doit être notée.

Les instruments qui suivent ont été découverts par M. Amelineau, à Abydos, dans une tombe très ancienne, quoique probablement plus récente que celle de Négadah.

2. Le plus important, sans contredit, est une *hache* plate, rouge, dure et compacte, un peu oxydée et vert-de-grisée à la surface; elle pèse 465^{g}. Je l'ai mise sous les yeux de l'Académie : elle est constituée par du cuivre à peu près

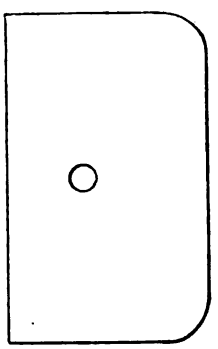
(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 7^{e} série, t. IV, p. 552. — *Voir* le présent volume, p. 47.

pur, sans étain, ni plomb, ni arsenic ou autre métal en proportion notable. La patine renferme, outre le cuivre, du chlore, de l'acide carbonique, de la chaux, un peu de sable; mais la masse principale a conservé la dureté et la ténacité métallique. Elle est faiblement oxydée.

Voici quelles sont les dimensions et dispositions de cette hache. Elle offre la forme d'un carré long, dont deux angles fortement arrondis. Le dos de la hache, haut de 130^{mm}, est rectiligne, un peu renforcé vers son milieu. En haut et en bas, il est coupé à angle droit par deux autres côtés, rectilignes sur une longueur de 80^{mm} environ, puis s'arrondissant de part et d'autre, pour former le tranchant ou quatrième côté. La distance entre le milieu du tranchant et le milieu du dos, c'est-à-dire la largeur maxima de la hache, est de 85^{mm}. L'épaisseur moyenne de la hache est de 4^{mm} à 5^{mm} environ, assez uniforme, sauf vers le tranchant, qui s'amincit au centre jusque vers 1^{mm}, dans son état actuel, sans doute émoussé.

Ce qui caractérise surtout cette hache plate, c'est son mode d'emmanchement. En effet, elle est percée, au milieu de sa hauteur, à une distance de 25^{mm}

Fig. 2.



du dos et de 50^{mm} du tranchant, par un large trou rond, d'un diamètre égal à 10^{mm}. Ce trou servait évidemment à fixer la hache à un manche en bois solide, au moyen d'une forte cheville enfoncée dans le trou.

J'observerai encore que la forme de cette hache répond à celles de certaines haches primitives et préhistoriques, trouvées en divers endroits d'Europe et d'Asie, et constituées soit par du bronze, soit par du cuivre pur.

A cet égard, sa composition est caractéristique de l'âge du cuivre égyptien, c'est-à-dire d'une époque où le bronze, plus dur et plus résistant que le cuivre, n'était pas encore employé dans la fabrication des armes.

Parmi les autres objets trouvés dans le même tombeau, il en est qui sont également caractéristiques à cet égard et fort intéressants par leur mode de fabrication : ce sont des aiguilles et un ciseau, dont la destination exigeait l'emploi du métal le plus dur qui fût connu à ces lointaines époques.

Quatre aiguilles et objets de cet ordre figurent dans l'envoi de M. de Morgan.

3. Je citerai d'abord une *grosse aiguille* cylindrique, longue de 80^{mm}, épaisse de 2^{mm}. Cette aiguille est formée par du cuivre à peu près pur. Le chas, aujourd'hui obturé par l'oxydation, est en forme de losange. Le corps de l'aiguille même porte du haut en bas la trace d'une longue fente, à peu près verticale, visible d'un seul côté. Cette disposition est très intéressante, car elle montre que l'aiguille a été fabriquée au moyen d'une lamelle étroite de métal.

L'ouvrier a d'abord aplati au marteau un morceau de métal, obtenu par la fusion du minerai, de façon à constituer une feuille, épaisse de 1^{mm} environ; puis il a découpé dans cette feuille une longue lamelle étroite, destinée à fabriquer l'aiguille, et il l'a repliée dans le sens longitudinal, en forgeant l'aiguille proprement dite.

Vers la pointe, la fente cesse d'être parallèle à l'axe, en prenant une direction un peu oblique; sans doute dans le but de constituer la pointe avec une seule épaisseur de lame, sans l'affaiblir par quelque superposition. Ces dispositions rendent compte d'ailleurs de la structure canaliculée, que j'ai signalée sur une aiguille de cuivre, trouvée par M. de Morgan dans la nécropole de Toukh (1).

Le chas même de l'aiguille, dont j'ai parlé plus haut, a été obtenu par une fente longitudinale, pratiquée à la partie supérieure de la lame de cuivre. Les bords en ont été écartés, puis chacun d'eux incurvé sous un angle à concavité intérieure.

L'ouvrier a ensuite rapproché les deux extrémités libres, de façon à fermer le losange : soit au marteau; soit peut-être en le brasant, de façon à laisser ouverte la partie centrale. Le trou de l'aiguille a été ainsi obtenu sans l'emploi d'un agent de perforation.

Il est intéressant de rencontrer, dès cette époque reculée, des procédés de fabrication des outils métalliques, semblables à quelques-uns des procédés encore usités de notre temps : par exemple dans la fabrication de certains tubes et canons de fusil.

4. Les mêmes procédés ont été mis en œuvre pour la fabrication d'un objet beaucoup plus volumineux qu'une aiguille, je veux dire un petit *ciseau métallique*, trouvé en même temps que les aiguilles. Ce ciseau est constitué par une tige quadrangulaire, longue actuellement de 80^{mm}, mais dont la partie supé-

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 7^{e} série, t. XI, p. 58. — Le présent Volume, p. 73.

rieure manque. La largeur est de 4^{mm}, l'épaisseur de 2^{mm} environ. La partie inférieure se continue par un biseau tranchant, aplati suivant un plan passant par l'axe du ciseau et parallèle aux faces les plus minces. Ce biseau aplati a environ 5^{mm} à 6^{mm} de large sur autant de longueur. Il se termine par un tranchant, qui devait être fort aigu dans son état primitif; actuellement, quoiqu'en partie ébréché et oxydé, son épaisseur ne dépasse guère un demi-millimètre.

Le métal est constitué par du cuivre à peu près pur (industriellement parlant), sans étain; mais il est recouvert de vert-de-gris et d'une série de points ou granules saillants, composés par du protoxyde de cuivre, résultant de l'altération du métal. Aussi l'objet est-il devenu fragile, en raison de cette désagrégation.

La tranche du métal, examinée sur une fracture fraîche, décèle le procédé de fabrication. L'ouvrier a pris une lame de cuivre épaisse de 1^{mm} environ et de longueur convenable; il y a tracé deux sillons parallèles, distants de 4^{mm}, sur la longueur destinée à former l'outil. A droite et à gauche de ces sillons, il a coupé la lame parallèlement, à une distance de 2^{mm} du sillon; puis il a rabattu les deux côtés sur la portion centrale, jusqu'à ce qu'ils se fussent rejoints, de façon à constituer un barreau ou tige quadrangulaire des dimensions signalées plus haut; peut-être a-t-il brasé ensuite la jonction. En tout cas, on en aperçoit parfaitement la trace rectiligne et parallèle à l'axe du barreau, sur la partie centrale de l'une des deux larges faces de ce barreau, à l'exclusion des trois autres faces. Cette ligne subsiste sur toute la longueur, mais en se recourbant sous forme d'hélice, de façon à passer sur la face étroite adjacente, jusque vers le point où l'on arrive au biseau, point auquel se produit une légère déviation; ce biseau étant constitué par la réunion des lames, aplaties l'une sur l'autre pour former le tranchant.

En somme, ce ciseau a été fabriqué par le même procédé que l'aiguille décrite précédemment : la réduction du métal en lames minces. Le travail de celles-ci était sans doute plus facile que la fabrication directe d'une barre massive, pour les ouvriers de cette époque.

5. Cependant, un procédé de fabrication un peu différent, quoique toujours fondé sur l'emploi des lames minces de cuivre, nous est révélé par l'examen d'un autre objet de même origine, que j'ai trouvé parmi ceux qui m'ont été remis et dont la composition est également celle du cuivre industriellement pur. Cet objet a la forme d'une *aiguille canaliculée,* longue de 55^{mm}, d'un diamètre de 1^{mm}. Il est constitué par une lame étroite et très mince, tordue en spirale, formant plusieurs tours sur sa longueur. Sa disposition rappelle la fabrication des canons de fusil rubannés et celle du tube hélicoïdal, en acier fondu laminé à froid, employé aujourd'hui dans la fabrication des cadres de certaines bicyclettes.

6. Un objet similaire, long de 85^{mm} et épais de 2^{mm}, est constitué aussi par une *feuille métallique* étroite, *tordue en spirale*, mais dont les parois n'ont pas encore été rapprochées en un système régulier. Elle paraît représenter le début de la fabrication. Elle est composée de cuivre, avec une trace d'arsenic.

7. L'envoi renferme encore divers débris de cuivre, dont il n'est pas possible d'assigner la destination originelle, mais qui offrent ce caractère commun de représenter tous des lames ou fragments de lames, savoir :

1° Un fragment triangulaire, irrégulier, en forme de triangle rectangle équilatéral, de 30^{mm} sur 30^{mm}, épais d'un demi-millimètre : cuivre fortement arsénical;

2° Un fragment plus grand; rappelant la forme de la hache ci-dessus, mais non troué : de 60^{mm} au dos, sur 44^{mm} en largeur maxima et 1^{mm} d'épaisseur : cuivre avec trace d'arsenic;

3° Trois fragments semblables irréguliers;

4° Deux longues rognures de cuivre;

5° Une très petite lame régulière, ou fragment de feuille.

8. Je signalerai enfin une lame longue de 85^{mm}, large de 5^{mm} à 6^{mm}, à bords irréguliers, épaisse d'un demi-millimètre : cuivre avec trace d'arsenic. Ce qui la distingue, c'est l'existence de deux trous de clous, l'un de 1^{mm}, l'autre de 0^{mm},3. Ces trous ont été percés avec une pointe et portent l'empreinte de la tête des clous, rivés au marteau. Si j'insiste sur ces circonstances, c'est qu'elles contrastent avec le procédé employé pour fabriquer le chas de l'aiguille (3) que j'ai décrite plus haut.

La lame dont il s'agit ici a dû être fixée autrefois comme garniture sur un objet de bois ou analogue, tel qu'un coffret, qui a disparu.

9. Dans un envoi fait au mois de juin 1897, M. de Morgan m'a adressé un *clou en métal*, provenant d'une statue de la V^{e} ou VI^{e} dynastie, trouvé à Meïr en moyenne Égypte, remis par M. Daressy, conservateur adjoint du musée de Gizeh. Ce clou, tel qu'il m'a été donné, était recourbé et tordu, comme un objet arraché violemment. Le clou était quadrangulaire et non arrondi. La pointe est cassée, le diamètre de 3^{mm} environ, la longueur de plusieurs centimètres. La masse principale est formée par un métal rouge, compact, tenace et brillant. La patine est verdâtre, avec quelques parties blanches.

Cet objet est constitué par du cuivre à peu près pur, exempt, comme plus haut, de plomb, d'étain, d'argent, d'arsenic, d'antimoine.

Tels sont les objets soumis à mon examen. Ils sont tous constitués, je le répète, par du cuivre à peu près pur, renfermant parfois de l'arsenic, mais

ne contenant ni étain, ni plomb, ni zinc. Cette composition est caractéristique.

Ce n'est pas que la fabrication de lames et objets en cuivre pur n'ait eu lieu à toute époque et ne subsiste même aujourd'hui; mais on a cessé depuis longtemps de fabriquer des outils durs et rigides, tels que des aiguilles ou des ciseaux, et des armes, telles que des haches, avec le cuivre pur. Le bronze d'abord, puis le fer, l'ont remplacé, pour tous les emplois qui exigent un métal dur et résistant. L'existence des objets précédents et leur mélange avec des lames de silex paraissent donc se rapporter à une population qui en était encore à l'âge du cuivre pur proprement dit.

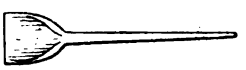
B. — Objets provenant de l'Arménie russe.

Ces objets ont été recueillis dans les nécropoles du Caucase par M. de Morgan : j'en donne l'analyse à titre de document, la date en étant assurément bien plus récente que celle des instruments égyptiens décrits dans la première Partie de ce Mémoire, car elle répond à l'âge du fer.

1. *Épingle et boutons,* trouvés en 1887 et 1888.

L'épingle est volumineuse, longue de 60^{mm}, dont une grosse tête en forme d'ellipsoïde allongé, tronquée régulièrement sur le dernier tiers de sa longueur,

Fig. 3.



par un plan normal à l'axe, comme si elle devait supporter une perle ou autre ornement. La portion de la tête conservée a 14^{mm} de longueur, le diamètre étant de 13^{mm} environ dans la région moyenne. La partie allongée a 2^{mm} environ de diamètre, mais elle est grossie par la patine. Patine verte très épaisse.

2. Les boutons (au nombre de 4) sont constitués par des cônes à base circulaire, évasés, variant de 14^{mm} à 9^{mm} à la base, sur une hauteur de 8^{mm} à 9^{mm} (axe central). Le cône est creux; il porte un axe horizontal, large de 2^{mm}, épais de 1^{mm} environ, destiné sans doute à fixer le bouton sur un vêtement. Cet axe a dû être soudé à ses deux extrémités, d'après l'aspect du bouton.

L'épaisseur initiale de la lame principale, repliée ou emboutie pour constituer le cône, était probablement inférieure à 1^{mm}. Elle a été, d'ailleurs, refoulée

sur le bord. Mais elle est enveloppée par une patine épaisse et oxydée à cœur, ce qui la rend fragile.

On a gratté la patine autant que possible. L'analyse de la partie métallique a donné sur 100 parties :

Cuivre	80,1
Étain	17,4
Oxygène, chlore, acide carbonique, etc.	2,5
	100,0

Ni plomb, ni zinc, ni argent, ni arsenic, ni antimoine.

3. Fragments de *pendeloques*, à patine blanchâtre.

Plomb	85,53
Étain	6,35
	91,88
Oxygène, etc.	8,12

Ni cuivre, ni argent, ni zinc, ni arsenic, ni antimoine.

4. Trois *bracelets* ou *anneaux*.

1° Le bracelet proprement dit a 80^{mm} sur 65^{mm}. Il est ouvert sur une longueur de 20^{mm}. Épaisseur 6^{mm} à 8^{mm}. Patine verte.

2° L'anneau ou petit bracelet a 47^{mm} sur 47^{mm}. Épaisseur 5^{mm} à 6^{mm}. La longueur totale excède d'un quart celle de la circonférence, l'objet étant replié en double.

3° Le troisième bracelet a 70^{mm} sur 60^{mm}. Épaisseur 3^{mm} à 4^{mm}. Patine moins épaisse; métal rouge, désagrégé par oxydation et fragile. On a prélevé un échantillon de ce dernier pour l'analyse.

Cuivre	91,34
Étain	5,35
	96,69
Oxygène, chlore, etc.	3,31

Ni plomb, ni argent, ni zinc, ni arsenic, antimoine.

5. Voici un dernier objet trouvé en 1881, non plus en Égypte ou en Arménie, mais dans un tumulus de l'âge du bronze, dans la forêt des Moidons (Jura).

C'est une *épingle* à large tête, plate et circulaire.

Cuivre	81,37
Étain	14,05
	95,42
Oxygène, etc.	4,58

Ni plomb, ni argent, ni zinc, ni arsenic, ni antimoine.

Tous ces objets appartiennent, on le voit, à l'âge du bronze, par opposition à ceux qui proviennent de l'Égypte ou de la Chaldée. Ils proviennent d'une industrie plus moderne et importée.

II. — Quelques métaux trouvés dans les fouilles archéologiques en Égypte.

Voici les résultats de l'examen que j'ai fait de quelques échantillons métalliques provenant de l'ancienne Égypte.

1. Les uns m'ont été envoyés en juin 1904 par M. Maspero. Ils proviennent d'une tombe récemment ouverte par notre confrère, appartenant d'après ses indications « à l'époque thinite, et datée du Pharaon que l'on appelle, faute de mieux, le *Serpent*, lequel est probablement de la fin de la II^{e} ou du commencement de la III^{e} dynastie ».

Ce sont des débris de lames minces, constituées par un alliage de cuivre pur, en très grande partie transformé en oxychlorure (atakamite), et hydrocarbonate, et mêlé de calcaire pulvérulent.

L'état de décomposition et de désagrégation était tel qu'il n'a pas été possible de séparer l'alliage métallique proprement dit, de sa patine et gangue.

L'analyse, opérée sur de petites quantités de matière, a donné :

Cuivre	56,7
Étain	2,0

Il y avait des traces de zinc et, dans la patine, une dose notable de chlore, d'acide carbonique, d'oxygène, de chaux. Point d'arsenic, de plomb, d'argent, de fer, du moins en doses notables.

Cet échantillon est intéressant par sa grande antiquité, puisqu'il remonte aux dates les plus reculées de l'ancien Empire. Il doit être rapproché de ceux que j'ai analysés précédemment (1).

(1) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 7^{e} série, t. IV, p. 547, 551, 556, 561; Histoire de *la Chimie au moyen âge*, t. I, p. 391, etc.

La présence de petites quantités d'étain dès cette époque est remarquable : ce métal ne pouvant guère provenir que de l'addition volontaire d'un minerai stannique au minerai cuivrique, mis en œuvre dans la préparation du métal.

Quant à l'oxychlorure et à l'hydrocarbonate de cuivre, ils ont été produits dans le cours des siècles par l'action lente des eaux saumâtres et de l'air sur le métal primitif (1).

2. J'ai examiné également un lingot de cuivre, provenant du musée du Louvre, et qui m'a été remis pour cette étude par M. G. Bénédite. Ce lingot vient des fouilles de Mariette à Saqqarah; il est d'origine pharaonique. Sa forme générale rappelle celle des lingots métalliques empilés, qui figurent dans certaines inscriptions hiéroglyphiques.

Le poids de cette lame est de 360^{g}. C'est un parallélépipède, qui offre l'aspect d'une plaque coulée dans un moule grossier. Elle est longue de $0^{m},140$, large de $0^{m},042$ à $0^{m},045$, épaisse de $0^{m},0075$ à $0^{m},006$, suivant les points où on la mesure. La face de la tranche est légèrement arrondie, dans le sens de sa largeur. Les quatre lignes droites qui définissent les bords, dans le sens de la plus grande longueur, sont légèrement dentelées par des entailles, pratiquées sur les deux tiers environ de cette longueur, à partir de l'extrémité la plus large.

Le métal est couvert d'une légère patine verdâtre, dont l'usure laisse apparaître un fond rouge et brillant. L'aspect même de la patine n'est uniforme, ni sur les faces opposées, ni sur les tranches. Il manifeste plusieurs régions distinctes, limitées parallèlement à la largeur et dont l'existence est attribuable à l'entrecroisement des plaques superposées.

Au point de vue chimique, cette lame est constituée par du bronze, avec sa composition normale. On a trouvé :

Cuivre	87,44	87,52
Étain	11,47	11,47
	98,91	98,99
Traces de plomb, patine oxydée, etc...	1,09	1,01

Point d'arsenic, d'argent, de zinc, de fer, de calcium en proportions sensibles.

(1) Sur la genèse de ces altérations, voir *Ann. de Chim. et de Phys.*, 7^{e} série, t. IV, 1895, p. 551. — *Voir* plus loin le présent volume, p. 47.

III. — Sur un vase antique trouvé à Abou-Roach.

Ce vase m'a été envoyé par le Directeur de l'Institut français d'Archéologie orientale du Caire. D'après les renseignements contenus dans la lettre qui l'accompagnait, il a été trouvé dans des fouilles pratiquées à Abou-Roach et provient des ruines de la chapelle funéraire de la pyramide du roi Didoufrî, qui vivait au début de la IV^{e} dynastie. On l'a rencontré à un mètre de profondeur environ, dans une énorme fosse, creusée au sein de la roche et remplie par du sable, mêlé d'un peu d'argile provenant de la décomposition des constructions en briques crues, édifiées à peu de distance de là. La nécropole d'où cet objet provient est située sur un plateau élevé de 100^{m} environ au-dessus du niveau du Nil, et par conséquent complètement à l'abri des eaux d'infiltration. L'antiquité reculée du vase et la nature de la matière dont il est formé en font un document particulièrement rare. En effet, les personnes qui l'ont découvert le regardaient comme de nature métallique et constitué originairement par de l'argent, opinion que l'analyse chimique n'a point confirmée; mais elle a soulevé des problèmes de Céramique imprévus, d'un caractère singulier. Aussi ai-je cru devoir en faire exécuter une analyse complète.

L'objet se présente sous la forme d'une coupe, en majeure partie conservée, quoique brisée d'un côté, de forme hémisphérique, analogue à un bol. Son diamètre à l'orifice est de 16^{cm}, sa profondeur de 6^{cm}, son épaisseur de 4^{mm} à 5^{mm}. Il est constitué par une matière grisâtre, pesante, schisteuse et feuilletée, dédoublée dans le fond en plusieurs couches épaisses, facile à réduire en poussière. Entre les feuillets gris, examinés à la loupe, on aperçoit une matière blanche, interposée par places. La poussière, écrasée sous le pilon d'un mortier d'agate, ne laisse aucune trace métallique; broyée avec un peu de mercure, elle ne donne pas indice d'amalgamation : l'acide azotique n'en dégage pas à froid de vapeur nitreuse appréciable. D'après ces caractères, le vase, dans son état présent, ne paraît pas contenir de parties métalliques libres.

La patine renfermait du carbonate de calcium, un peu de sulfate, du chlorure, de la silice en abondance, pas de phosphate, ni de sulfure, mais du plomb combiné, de la chaux, un peu de magnésie; ni cuivre, ni argent, ni étain, ni fer, ni autre métal notable. Voici l'analyse d'une portion de cette patine, séparée autant que possible de la masse :

Pb	22,20
Cl	5,86
O	0,40
CO^{2}	1,16
SiO^{2}	56,96
$Al^{2}O^{3}$	8,94
$CO^{3}Ca$ et eau	4,48

Quelques fragments détachés du vase lui-même ont donné à l'analyse les résultats suivants :

				Représentation.		
Plomb.....	24,17 et 24,26	Moyenne.	24,215	$PbCl^2$.	20,37	renfermant Pb. 15,17
				PbO..	9,745	renfermant Pb. 9,045
Calcium...	4,27 et 4,08	Moyenne.	4,175			à l'état de silicates.
Sodium....	0,94 et 0,93	Moyenne.	0,935	Na^2O..	1,25	
Chlore.....			5,20	CaO...	0,77	
Acide carbonique.....			3,95	CO^3Ca.	8,975	
Eau.....			1,20	H^2O...	1,20	
Silice.	57,37 et 57,60	Moyenne.	57,485	SiO^2..	57,485	
Pas d'alumine.					99,8	
Oxygène complémentaire des oxydes :						
calculé.....			2,695			
			99,8			

Cette composition varie d'ailleurs un peu, suivant les points où l'on prélève la matière. L'analyse d'un autre fragment a donné :

Pb.....	28,93
Cl.....	6,81
O.....	0,70
CO^2.....	1,93
SiO^2.....	51,27
Eau, CO^3Ca.....	10,36
Pas d'argent, ni de cuivre.	

D'après les indications qui m'ont été transmises avec la coupe, dans une lettre datée du 30 janvier 1902, il ne paraît pas vraisemblable que ces produits aient subi l'action des eaux saumâtres, auxquelles j'avais été porté d'abord à attribuer la présence des chlorures. La préexistence de ces derniers dès l'origine devient dès lors à peu près certaine dans l'objet fabriqué. Par suite l'existence du sodium et du chlore ne saurait guère être expliquée autrement que par l'emploi simultané du chlorure de sodium et de la litharge (oxyde de plomb), dans l'opération qui a fourni le vase.

En d'autres termes, ce vase n'était pas à l'origine une coupe de métal, argent ou plomb, mais un objet préparé par la réaction d'un sable fin sur un mélange de litharge et de chlorure de sodium. Comme la matière n'a pu être fondue, d'après son analyse et son aspect actuel, l'emploi de ces composés répond à la double notion de couverte et de matière agglomérante. On a soumis le mélange à la cuisson, le vase ayant été façonné comme une sorte de faïence; mais la couverte a été désagrégée durant le cours des siècles.

Nous trouvons ici l'indication de produits céramiques obtenus par une sorte de fritte, très différents des nôtres, et sans doute le souvenir des essais divers de fabrication tentés en ces temps reculés.

IV. — Sur l'or égyptien.

Dans les plus anciens temps, on exploitait directement l'or natif, recueilli dans les alluvions, lequel est ordinairement allié avec une certaine dose d'argent. Quand cette dose surpasse quelques centièmes, l'or présente une teinte blanchâtre : il prenait alors le nom d'*electrum* chez les Grecs, ou *asem* chez les Égyptiens (1). C'est à une époque beaucoup plus récente que l'on apprit à séparer l'argent de l'or et à obtenir ce dernier métal dans l'état de pureté. En Lydie, là où furent fabriquées les premières monnaies, cette époque peut être fixée d'après l'analyse des échantillons de ces monnaies conservés dans les musées. C'est l'époque de Crésus : les monnaies antérieures aux Créséides sont alliées d'argent.

Le procédé employé pour séparer l'or de l'argent est d'ailleurs décrit dans Pline : c'est la cémentation par voie sèche du métal en feuilles, stratifié avec un mélange de chlorure de sodium et de sulfate de fer (2). L'argent dissous est éliminé à l'état de chlorure double : l'or reste. Ce procédé a été employé dans l'antiquité et pendant tout le moyen âge, jusqu'au commencement du XVI^e^ siècle ; époque à laquelle les hôtels des monnaies commencèrent à opérer la séparation des deux métaux par voie humide, suivant des procédés encore usités de notre temps et dont la description est donnée pour la première fois dans des écrits datés du XIV^e^ siècle (3).

Il résulte de la connaissance de ces faits que l'on peut, jusqu'à un certain point, tirer argument de la présence ou de l'absence de l'argent dans un échantillon d'or pour en établir la date relative. Les échantillons les plus anciens contiennent de l'argent; les échantillons purs sont d'ordinaire plus modernes : sous cette réserve, cependant, qu'il existe dans la nature certains minerais d'or, exempts d'argent, beaucoup plus rares à la vérité.

J'ai pensé qu'il y aurait quelque intérêt à contrôler ces inductions par l'analyse d'échantillons bien datés, tirés des tombeaux égyptiens : les feuilles d'or qui entourent certaines momies sont particulièrement indiquées pour une sem-

---

(1) *Introduction à l'étude de la Chimie des anciens*, p. 62, 1889.

(2) *Introduction à l'étude de la Chimie des anciens*, p. 14 et 15.

(3) Histoire de *la Chimie au moyen âge*, t. I, p. 165, 1893. — *Voir* dans la *Collection des anciens alchimistes grecs* (1888) le Traité intitulé : *Sur la très précieuse et célèbre orfèvrerie* d'après un manuscrit daté de 1478; Traité qui renferme des recettes de toute époque. A la page 308 de la traduction, on lit la recette par voie sèche du cément royal. A la page 318, on trouve une autre recette pour séparer l'or de l'argent par voie humide, au moyen d'un mélange de sel ammoniac et de sel de nitre. Puis vient une autre recette avec l'eau forte, préparée en distillant un mélange de sel de nitre, d'alun et de vitriol romain.

blable recherche. Mon ami et Confrère, M. Maspero, actuellement directeur du Musée des Antiquités en Égypte, a bien voulu me fournir quelques échantillons convenables. Le nombre en est malheureusement trop limité jusqu'ici pour permettre de préciser rigoureusement la date vers laquelle l'or a commencé à être purifié complètement d'argent. Aussi, je donne les analyses suivantes surtout à titre d'indication :

1. — *Feuilles d'or, de la* VI^e^ *dynastie.*

Or	92,3	92,2
Argent	3,2	3,9
	95,5	96,1
Matières organiques, etc	4,5	3,9

Absence d'étain, de plomb, de cuivre, etc. Fer en proportion presque insensible.

2. — *Feuilles d'or, de la* XII^e^ *dynastie.*

Or	90,5	90,0
Argent	4,5	»
	95,0	
Matières organiques, etc	5,0	

Pas d'autre métal en proportion sensible.

3. — *Feuilles d'or, de l'époque persane.*

Or	99,8

On voit que le seul or pur est celui de l'époque persane, c'est-à-dire de l'époque où l'on connaissait en Orient l'art de séparer l'or de l'argent. Mais l'intervalle entre les objets des deux dernières analyses comprenant une dizaine de siècles, il sera utile d'établir des termes de comparaison intermédiaires.

V. — Sur les alliages d'or et d'argent et diverses autres matières provenant des tombeaux égyptiens.

En poursuivant mes études sur les métaux de l'antiquité, j'ai été conduit à faire un examen spécial des échantillons d'or pur, ou allié, provenant des tombeaux égyptiens, et particulièrement des feuilles minces employées à la dorure des momies et autres objets. J'ai cherché s'il était possible d'établir quelques

relations probables entre la composition chimique de ces feuilles et la date et les procédés de leur fabrication, dans les cas où cette date est établie d'une façon rigoureuse par les archéologues. Il serait alors possible, au besoin, de remonter en sens inverse, dans d'autres cas, de la composition révélée par l'analyse chimique, soit à la date inconnue de la fabrication, soit à l'origine minéralogique des échantillons. Mais, pour arriver à des conclusions de quelque valeur, il convient de multiplier les déterminations.

J'ai déjà publié un certain nombre de résultats précis à cet égard dans mes études sur les fouilles de Dahchour et sur des échantillons fournis par notre confrère, M. Maspero, directeur du Service des antiquités en Égypte. Il a eu l'obligeance de m'envoyer divers échantillons nouveaux, au mois d'avril 1901, et ces échantillons m'ont été remis par M. Cogordan.

Je vais donner les résultats de mon examen.

A. — Petit fragment d'or, provenant du cercueil du roi Horus; Dahchour, XIII^e^ dynastie.

Cet échantillon pèse $0^{g},0082$.

C'est une feuille métallique battue (épaisse d'environ un millième de millimètre). La teinte des deux surfaces est notablement différente, l'une d'elles étant d'un jaune d'or pur, l'autre rougeâtre et même presque sombre par places. Cette dernière teinte est répartie inégalement. Elle ne paraît pas attribuable au métal lui-même, mais à un enduit extrêmement mince de matière organique, provenant sans doute du contact de la momie, et dont le poids n'est pas appréciable sur un aussi petit échantillon. Lorsque l'or est porté au rouge, cette matière brûle, et le métal reprend sa couleur normale.

L'analyse a fourni sur 100 parties :

Or	92,7
Argent	4,9
Autres matières	2,4

B. — Deux petits paquets de feuilles métalliques, désignées sous les noms d'or, d'argent, ou d'électrum, provenant d'un tombeau de la XI^e^ ou XII^e^ dynastie (XII^e^ probablement), découvert a Berchèh et appartenant a un certain Tahoutinakhouit.

J'ai partagé ces feuilles, d'après leur apparence, en quatre groupes pour les analyses.

1. *Argent du paquet n° 1.* — Lamelle épaisse de $0^{mm},002$ en moyenne. — Épaisseur variable de $0^{mm},001$ à $0^{mm},0015$ et $0^{mm},0025$.

Ag	74,52
Au	14,94
Patine et autres matières	10,54

2. *Or jaune du paquet n° 1.*

Au	80,1
Ag	20,3
	100,4

3. *Or rouge du paquet n° 1.* — Lamelle épaisse de $0^{mm},001$ environ dans les parties les plus minces.

Au	78,7
Ag	20,9
	99,6

4. *Or jaune du paquet n° 2.* — Lamelle épaisse de $0^{mm},001$ environ.

Au	77,3
Ag	22,2
	99,5

5. *Or rouge plus foncé du paquet n° 2.* — L'or est terni d'un côté par une matière organique, telle que celle de l'échantillon A, qui lui donne l'apparence d'un doublé. Cette matière est détruite, lorsqu'on chauffe la feuille d'or au rouge.

Épaisseur : $0^{mm},001$ environ dans les parties minces.

Au	78,2
Ag	21,1
	99,3

On remarquera que les feuilles d'or ont toutes une épaisseur voisine de 1 à 2 millièmes de millimètre, sans être cependant absolument régulières. — Les échantillons 2, 3, 4, 5 ont sensiblement la même composition, étant constitués par un alliage artificiel, ou par un minéral naturel, lequel renferme 4 parties d'or et 1 partie d'argent. La différence de teinte, qui avait fait supposer l'existence distincte d'or et d'électrum, est attribuable à un mince enduit organique, produit par le contact ou les émanations de la momie.

L'échantillon 1 est formé par de l'argent mêlé d'un cinquième d'or, alliage artificiel ou plutôt minerai naturel.

Aucun de ces échantillons n'est constitué par de l'or pur, pas plus que ceux du trésor de Dahchour (*Voir* plus loin p. 62 et suivantes), échantillons où le rapport de l'or à l'argent était de 5 à 1; ou bien encore les feuilles d'or de la VI^{e} et de la XII^{e} dynastie. — (*Voir* plus haut) qui contenaient seulement 3,2 et 4,5 centièmes d'argent : chiffres analogues à ceux de l'échantillon A provenant du tombeau d'Horus. Ces résultats confirment les remarques précédentes sur la composition de l'or égyptien.

C. — Objets divers.

Voici maintenant les résultats observés sur quelques autres objets provenant du même tombeau :

1. *Matière solide, réputée parfum.* — C'est une résine fragile, d'un jaune brunâtre, compacte, à cassure conchoïdale. Chauffée, elle se comporte comme de la colophane (résine des pins), avec une odeur semblable.

2. *Deux boules rondes, blanchâtres,* ayant l'apparence d'une matière pétrie, puis agglomérée par dessiccation. Le tombeau en renfermait une trentaine. — Diamètre : 22^{mm}.

Ces boules avaient été regardées par les personnes qui les ont trouvées comme des parfums; ou plus exactement des supports de parfum; suivant un usage encore suivi en Égypte, d'après lequel on imprègne de parfums liquides certaines substances poreuses. M. Maspero rapporte que les boules, au moment où elles ont été tirées du tombeau, offraient encore quelque odeur. Mais cette odeur avait disparu, lorsque les boules me sont parvenues, et j'ai constaté que leur masse n'était pas constituée par des substances organiques.

L'analyse de cette matière a fourni sur 100 parties :

Traitement par l'acide chlorhydrique. Portion insoluble	78,4
Une portion avait été dissoute avec effervescence; elle contenait de la chaux, de la magnésie, de l'alumine et un sel ferrique, qui ont été dosés. On déduit des analyses :	
Carbonate de chaux	10,1
Carbonate de magnésie	4,4
Alumine	4,15
Oxyde ferrique	1,25
Total	98,3

Il y avait un peu de matière organique, dont le poids, joint à la perte, complète le chiffre 100.

La portion insoluble dans l'acide chlorhydrique (silice et silicates) a été reprise par un mélange de fluorhydrate d'ammoniaque et d'acide sulfurique concentré; ce qui a fourni sur 100 parties :

Silice	86,7
Alumine	5,0
Oxyde ferrique	1,7
Chaux	2,1
Magnésie	1,1
Soude	3,4

Cette partie est constituée en réalité par des fragments de quartz ou de verre pilé, non porphyrisés, visibles au microscope, riches en silice, et associés à un peu de carbonate de chaux qui a dû servir de ciment. La densité de cette matière a été trouvée égale à 2,60 environ.

3. M. Maspero avait joint à son envoi une petite lamelle métallique rouge, longue de 60^{mm} environ, large de 6^{mm} à 7^{mm} suivant les points, épaisse de $0^{mm},66$ et recouverte par places d'une patine vert-de-grisée. — J'y ai trouvé sur 100 parties :

Cuivre	87,7
Étain	Trace.
Patine oxydée	12,3 environ.

J'ignore à quel objet cette lamelle avait appartenu autrefois.

4. En examinant les feuilles d'or, allié d'un quart d'argent, désignées plus haut en B, j'y ai rencontré trois petits anneaux parfaitement réguliers et semblables, qui ont attiré mon attention. J'ai pesé l'un de ces anneaux, soit $13^{mg},9$. Il constituait un tore régulier. Son diamètre extérieur était égal à $3^{mm},05$; le diamètre du tore était $0^{mm},75$ et, par conséquent, le diamètre de la circonférence intérieure : $1^{mm},55$.

Cet anneau était constitué par du verre dévitrifié, exempt d'étain ou d'autre métal dans sa masse intérieure, mais recouvert d'une mince patine verdâtre, renfermant une trace de cuivre.

L'existence de semblables objets soulève de nouveaux problèmes. En effet, ces petits anneaux devaient dépendre de quelque objet d'art ou de parure, tel qu'un collier de perles de verre; car ils n'ont pas été assemblés par soudure, mais enfilés sur un fil de lin ou de métal. Leur fabrication même a dû offrir

quelque difficulté, en raison de la minceur des anneaux ($0^{mm},75$), comparée à leur diamètre ($3^{mm},05$).

VI. — Sur les métaux égyptiens : étude sur un étui métallique et ses inscriptions.

La présente recherche fait suite aux travaux que j'ai publiés précédemment sur les métaux employés dans l'Égypte antique. Il s'agit aujourd'hui d'un objet d'art, dont la fabrication soulève des problèmes intéressants pour la technique des arts d'autrefois. En en poursuivant l'étude, j'y ai découvert, associé à l'or et à l'argent, le platine, métal réputé jusqu'ici inconnu de l'antiquité. Cet objet a été soumis à mon examen par M. Benedite, conservateur adjoint des Antiquités égyptiennes du Musée du Louvre.

J'ajoute qu'il n'a été sujet à aucune réparation, ni restauration, condition essentielle pour l'étude technique des objets de l'antiquité. Autrement l'on serait exposé à attribuer à l'ouvrier des siècles passés l'emploi des procédés et des matériaux mis en œuvre par le restaurateur moderne.

Cet objet a été trouvé à Thèbes, probablement à Medinet Habou; il proviendrait d'un sanctuaire des Pallacides d'Ammon. Il paraît avoir séjourné dans le limon du Nil. C'est une œuvre d'un travail très fin et très parfait.

I. — Renseignements historiques.

D'après M. Benedite, les hiéroglyphes qui couvrent l'étui contiennent une inscription au nom de la reine Shapenapit, fille royale de Piankhi, qui exerçait la fonction de prêtresse et épouse divine d'Ammon, sous le règne de Psammetik Ier, premier roi de la xxvie dynastie, vers la seconde moitié du viie siècle avant notre ère.

Sur le revers, elle fait une offrande aux trois divinités, constituant la triade thébaine : Ammon, Maut son épouse, et Khonsou leur fils, assimilé à Thot.

Les lignes d'étoiles, en haut de l'étui, sont la représentation du ciel.

Le choix de l'or et de l'argent semble dû à des motifs théologiques : l'or répondant au soleil, l'argent à la lune, conformément à la notation astrologique et alchimique (1); l'assimilation des symboles des métaux et des astres que je viens de citer existe déjà dans le Papyrus de Leyde (2).

(1) *Origines de l'Alchimie*, p. 49 et 112.

(2) *Introduction à la Chimie des anciens*, p. 25.

Ces notions précisent l'origine et le caractère historique de l'objet. Je vais maintenant en faire l'étude, au point de vue matériel et technique. A cet effet j'en décrirai d'abord la forme et la disposition générale; j'étudierai ensuite, au point de vue chimique, les métaux, enduits et matières diverses qui constituent cet objet. Enfin, je chercherai à déterminer les procédés employés pour fixer et incruster les dessins et caractères hiéroglyphiques, constitués par les lamelles métalliques dont il est couvert : je comparerai les résultats de l'examen direct que j'ai fait à cet égard avec quelques textes des traités techniques, conservés depuis l'antiquité.

II. — Description de l'objet.

C'est un étui métallique, de bronze, en forme de parallélépipède creux, constitué par deux moitiés juxtaposées.

Hauteur : 140^{mm}, partagée également entre les deux moitiés, hautes chacune de 70^{mm}.

Largeur : 75^{mm}.

Tranche : 28^{mm}.

Épaisseur du métal : 3^{mm} environ.

Les deux faces antérieure et postérieure sont chacune hautes de 140^{mm} sur 75^{mm} de large.

Sur les quatre autres faces, ou faces de tranche, deux sont hautes de 140^{mm}, larges de 28^{mm}; deux longues de 75^{mm}, larges de 28^{mm}.

Les deux moitiés pareilles qui constituent l'étui portent chacune, au pourtour complet de leur jonction, un cordon saillant de 2^{mm} environ et de 2^{mm} de hauteur. Elles étaient simplement juxtaposées, sans recouvrement ni enchevêtrement réciproque, de façon à envelopper une tablette d'ivoire intérieure, qui remplissait les deux parties de l'étui. Il ne paraît pas avoir existé de ciment entre ces deux moitiés, ni même d'adhérence proprement dite. Dans leur intervalle j'ai trouvé seulement un peu de poussière blanche, renfermant du carbonate de chaux, du sulfate de chaux et une matière argileuse, sans doute provenant des limons du Nil; avec une faible quantité de plomb combiné, originaire des enduits.

Les deux grandes faces sont recouvertes de dessins et inscriptions, savoir :

Sur la moitié supérieure, la face antérieure représente le Soleil, en dessins métalliques, saillants et dorés; la face postérieure représente une scène d'offrande aux divinités thébaines, figurée par des dessins métalliques linéaires couleur d'argent.

Sur la moitié inférieure, les deux faces sont couvertes d'inscriptions hiéro-

glyphiques, en caractères couleur d'or du côté du Soleil, couleur d'argent du côté de la scène d'offrande.

Voici des détails plus circonstanciés :

Moitié haute. Face antérieure. — Sur la face antérieure on voit les deux grands yeux solaires, tout ouverts, chacun avec sa prunelle et son sourcil supérieur; conformément à une figure qui existe sur le frontispice de beaucoup de stèles. Au-dessous de chacun des yeux, deux lignes, l'une verticale, l'autre inclinée vers le dehors, avec une extrémité enroulée. Entre les deux yeux, le théorbe *Nefer*, en or; et plus bas, à droite et à gauche, sous les yeux, le signe des Panégyries. L'or de tous ces objets est pâle.

Les yeux solaires sont surmontés par deux lignes horizontales, occupant toute la largeur de l'étui; lignes constituées par des filets d'or parallèles, distants de $4^{mm},5$, filets compris. Entre ces deux filets, un intervalle large de $3^{mm},5$, occupé par une file de 15 étoiles à 5 branches. Quatre de ces branches constituent un X; la cinquième s'élève verticalement au milieu, à partir du point d'entrecroisement central. Cette dernière a disparu sur quelques-unes des étoiles.

Le tout achève d'être encadré par deux filets verticaux, situés tout au bord du cadre : c'est l'image du ciel.

Au-dessous des deux signes des Panégyries, on lit une inscription d'or vif, plus foncé que celui des yeux solaires, placée entre deux filets d'or horizontaux. Elle occupe toute la largeur de l'étui; sa hauteur étant égale à 12^{mm}; l'intervalle, filets déduits, 11^{mm}. Le filet supérieur, qui sépare cette inscription des signes des Panégyries, constitue la ligne de terre.

L'ensemble encadré est l'image de l'Univers.

Au-dessous, un double cordon horizontal termine la moitié supérieure de l'étui, cordon marqué par une suite de petites bandes d'or; chacune formée de deux morceaux qui représentent les deux branches d'un angle ouvert vers la droite.

Chaque signe des Panégyries est terminé en haut, à sa partie supérieure, par une ligne droite, longue de 32^{mm}; il est terminé en bas par une ligne elliptique. L'intervalle est rempli par des demi-losanges, à concavité tournée vers le centre et opposés entre eux, la moitié à gauche, l'autre moitié à droite. Au centre, une croix. La hauteur depuis la ligne droite d'en haut jusqu'à la partie horizontale de la courbe inférieure est de 8^{mm} environ.

Les yeux avec leurs prolongements ont chacun 32^{mm} de large.

Le théorbe est entre deux. Son corps inférieur a 11^{mm} de largeur maximum sur 16^{mm} de hauteur; son manche 18^{mm} environ. Il présente à sa partie supérieure quatre clefs latérales, destinées à soutenir les cordes de l'instrument. Le manche lui-même, large de $1^{mm},5$ environ, est divisé en quatre portions par

des traits horizontaux. Chacune de ces dernières portions est composée de trois petites plaques, la partie inférieure en or rouge, les deux autres en or plus clair; soit 12 plaques superposées en hauteur, en tout, constituant le manche.

Les sourcils, le contour des yeux, les signes des Panégyries, le théorbe central forment des reliefs en saillie considérable sur un fond noirci.

Moitié haute. Face postérieure. — Cette face est argentée. A la partie supérieure on voit l'uréus, entre deux filets écartés de 7^{mm}, l'intervalle étant de 6^{mm}. Au-dessus une file de 13 étoiles à 5 branches, l'écart étant de 4^{mm}; entre les filets, 3^{mm}.

Au-dessous de l'uréus, une scène d'offrande. La reine à droite, tournée vers la gauche et regardant les trois divinités de la triade thébaine, qui sont au contraire tournées vers la droite et faisant vis-à-vis à la reine. Les personnages sont dessinés au trait, au moyen de lamelles linéaires d'argent sur fond noir. Les inscriptions sont placées au-dessus des têtes des personnages, dans le tableau même qui est cerné dans un cadre de filets. Sur les côtés, ces filets sont contigus à la tranche. Les caractères hiéroglyphiques ne sont pas limités par le prolongement des filets verticaux, ni sur la plaque supérieure (inscription en or), ni sur la plaque inférieure (inscription en or d'un côté, en argent de l'autre côté).

Au bas, il reste un intervalle de 3^{mm} environ jusqu'au cordon.

Moitié basse. Face antérieure. — Cette face est couverte par cinq lignes horizontales d'hiéroglyphes couleur d'or, incrustés sur fond noir et compris entre six filets d'or horizontaux. En tout 58^{mm}. Chaque intervalle occupe en hauteur 11^{mm} environ, filets déduits. Il n'y a pas de filets verticaux.

En haut il reste un intervalle noir, entre le premier filet et le cordon : de même en bas, au-dessous du dernier filet jusqu'à la limite de cette face de l'étui.

Moitié basse. Face postérieure. — Cette face est couverte par cinq lignes horizontales d'hiéroglyphes couleur d'argent. Les dimensions et intervalles sont exactement les mêmes que sur la face antérieure.

Les quatre facettes de tranche sont lisses, sans inscription et sans autre saillie que celles des deux cordons, lesquelles portent d'ailleurs les mêmes petits groupes angulaires dorés que les grandes faces.

Dans l'intérieur de l'étui, on aperçoit une tablette d'ivoire, qui en remplit les deux moitiés. Elle est aujourd'hui profondément altérée et complètement adhérente au métal. J'y reviendrai plus loin, me bornant à dire en ce moment que, dans l'objet tel qu'il m'a été soumis, les deux moitiés de l'étui avaient été

séparées violemment, par suite de la fracture de la tablette d'ivoire, devenue fragile en raison de la disparition de la matière organique qui lui servait de ciment.

III. — Métaux de l'étui.

Je vais examiner successivement les matières constitutives de l'étui, du dessin et des inscriptions, leur constitution chimique et la forme donnée à chacune d'elles. Quelque minutieux que semblent les détails dans lesquels je vais entrer, ils semblent indispensables pour définir la technique initiale de la fabrication de l'objet.

Étui. — L'étui est formé par un métal, ou plutôt par un alliage métallique, un bronze dur et compact, peu ductile, d'un rouge tirant vers la nuance orange.

Soumis à une pression latérale graduellement croissante, il finit par se rompre, sans s'étendre. J'en ai détaché à la lime quelques parcelles, empruntées à la tranche verticale, après avoir débarrassé celle-ci de la patine, autant que possible; ce qui n'a pas pu d'ailleurs s'effectuer complètement.

Cet échantillon contenait, sur 100 parties :

Cuivre	49,3
Plomb	24,8
Étain	4,5
	78,6
Oxygène, chlore, eau, acide carbonique, argile, silice, etc.	21,4

Ni zinc, ni or, ni argent.

Le métal est disposé en plaques épaisses de 3^{mm} environ, constitutives des faces dont les dimensions ont été assignées plus haut. Les plaques latérales ont été soudées, ou plutôt jointes à chaud avec celles des faces principales, et la soudure apparaît nettement sur le fond, dans la moitié inférieure de l'étui principalement.

Vers le centre de chacune des parois latérales des deux moitiés de l'étui, on voit une impression ou point creux, trace sans doute de l'application des instruments de travail, ou bien du moule, dans lequel les plaques auraient été coulées.

Les cordons saillants ont été brisés par place et ont perdu de petits fragments, probablement lors de la séparation violente des deux moitiés.

Du côté gauche (la figure du Soleil faisant face à l'examinateur), la rupture était précisée plus fortement par un éclat perdu et une fente longue de 12^{mm} environ, située vers le centre de la tranche latérale de la moitié supérieure.

Au-dessous de ce petit éclat on aperçoit, sur la tranche de la moitié inférieure, une tache ellipsoïdale, de 18^{mm} sur 8^{mm}; tache de protoxyde de cuivre, qui se distingue de la partie verdâtre du reste, comme si elle représentait la trace de l'effort exercé autrefois au moment de la rupture violente de l'objet. Les fentes ne se prolongent pas sur la moitié inférieure. Cependant il y avait un commencement d'écartement sur le bord antérieur, entre la plaque large couverte d'inscriptions et le montant latéral anépigraphe. C'est cet écartement que j'ai tâché d'agrandir par la pression d'un ciseau de fer, afin de séparer, s'il était possible, le métal de l'ivoire contenu dans l'étui. Mais la fente agrandie a déterminé une rupture, sans autre perte de matière. Il était indispensable d'opérer ainsi, afin de dégager la surface intérieure du métal : je dirai tout à l'heure les résultats de cet examen.

La surface des quatre faces étroites ne paraît pas avoir été garnie autrefois d'un enduit; au moins d'un enduit épais, comparable à celui sur lequel sont tracés les dessins et inscriptions. Actuellement cette surface est recouverte d'une patine, épaisse de 1^{mm} à 2^{mm} par places. Le fond en est brun rougeâtre (protoxyde de cuivre), avec des parties efflorescentes verdâtres, ou même blanchâtres, constituées par des sels cuivriques, tels que l'atakamite (oxychlorure) et des carbonates. Sous ces efflorescences on retrouve d'ailleurs un fond de protoxyde de cuivre.

Ces formations répondent à l'action des eaux saumâtres, ainsi qu'il résulte de mes expériences synthétiques exécutées tant sur le cuivre pur, à l'occasion de mes études relatives aux statuettes chaldéennes de Goudéah (1), que sur des morceaux de bronze actuel (2). En effet, ces métaux, abandonnés au contact d'une solution étendue de chlorure de sodium, dans un flacon où l'air ne pénètre que lentement, se transforment peu à peu, en produisant à la fois de l'oxychlorure cuivrique et du protoxyde de cuivre.

IV. — Ivoire.

L'intérieur de l'étui métallique est rempli par une matière solide, dure, blanche, teintée légèrement en vert; sans doute par suite de l'imprégnation d'un composé cuivrique, résultant de l'altération du bronze.

Il n'est guère contestable que cette matière était entièrement blanche à l'origine. D'après sa composition actuelle et ses propriétés, elle représente de l'ivoire, altéré profondément sous les influences simultanées de l'air et d'une

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, t. IV, p. 552. — *Voir* le présent volume p. 47.
(2) Même Recueil, 7e série, t. XXII, 1901, p. 457.

eau limoneuse, prolongées pendant des siècles, avec alternatives d'imbibition et de dessiccation lente.

Cette matière est dure, difficile à diviser, et cependant fissurée, avec cassure conchoïdale. Pressée fortement, ou frappée avec un ciseau de fer, elle se brise et se détache en fragments irréguliers, qu'il est assez facile de réduire en poudre. Par places, surtout dans les angles et dans la région où l'étui entr'ouvert laissait pénétrer les eaux, la matière a pris une teinte grisâtre, attribuable à la fois à la fixation d'un peu d'argile limoneuse et à un commencement de putréfaction.

Son altération, jointe à celle du bronze, a eu pour effet de la rendre extrêmement adhérente et comme soudée au métal; de telle façon qu'il est devenu impossible de le séparer, pour connaître les inscriptions qu'on suppose y avoir été tracées à l'origine. Cette lecture et même la constatation de l'existence de semblables inscriptions étant fort importantes, j'ai cherché à détacher de la masse d'ivoire altéré l'une des faces de l'étui métallique, à l'aide d'un ciseau à froid. Un fragment de métal a été ainsi séparé, à partir d'un angle où il existait déjà une fente profonde. Une couche irrégulière d'ivoire verdi, épaisse de quelques millimètres, y demeurait obstinément adhérente. On s'est efforcé de la détacher par couches successives; mais il a été impossible d'effectuer un isolement exact sur aucun point, ou d'apercevoir aucune trace de dessins ou caractères.

Voici maintenant les résultats de l'examen chimique que j'ai fait de cette matière :

La matière est formée de phosphate de chaux, mêlé de carbonate et associé à une substance organique azotée. Elle est teinte en vert par une petite quantité de bioxyde de cuivre, qui l'imprègne, sans y être répartie uniformément. Cette teinture existe non seulement à la surface, mais dans les parties profondes. Elle est attribuable à la fois à un phosphate cuivrique, de l'ordre des turquoises, qui constituent les mines de cuivre du Sinaï (1), et à un oxychlorure cuivrique, l'atakamite; il est facile, en effet, d'y constater la présence du chlore, en dose notable.

L'atakamite et le phosphate de cuivre ne préexistaient pas : ils ont été formés par suite de l'altération du cuivre de l'étui, au contact de l'air et des eaux saumâtres, contenant des chlorures alcalins. Lorsqu'on chauffe la matière à feu nu dans un tube, elle émet en abondance de l'eau, douée d'une forte réaction alcaline et manifestant une odeur de corne brûlée, un peu aromatique, comme si l'ivoire avait été associé à l'origine à quelque résine balsamique. La matière ne s'est trouvée par là ni fondue ni agglomérée dans mon essai. En la calcinant ensuite fortement sur une lame de platine, elle laisse une cendre noire et char-

(1) *Voir* mes *Recherches sur ces mines*, plus loin, p. 65.

bonneuse. Quand on se borne à la chauffer vers 100°, la matière primitive n'éprouve aucun ramollissement, ni tendance à s'agglutiner par la pression.

La matière digérée avec l'acide chlorhydrique étendu dégage de l'acide carbonique. Le traitement par les acides en extrait du phosphate de chaux. L'acide nitrique (ou l'acide chlorhydrique), notamment, la désagrège par ébullition et la dissout, en laissant un peu de matière gélatineuse insoluble.

Ces divers caractères généraux appartiennent d'ailleurs à l'ivoire naturel réduit en poudre. Mais il existe une grande différence, au point de vue de la proportion de matières organiques azotées. En effet, en opérant avec de l'ivoire pur et normal, nous avons trouvé, sur 100 parties (séchées à 120°) :

Azote..... 5,75

Ce qui répond à 32 centièmes d'osséine, matière organique constitutive des os et de l'ivoire.

Avec la matière verte, prise au centre de l'étui, séchée à 120°, on a obtenu

Azote..... 1,15

Avec la matière grise des bords, séchée à 120° (1),

Azote..... 2,44

Il résulte de ces chiffres que la matière grise des bords avait perdu 38 centièmes, soit environ les $\frac{2}{5}$ de son osséine initiale; la matière verte du centre, 80 centièmes ou les $\frac{4}{5}$ environ.

Cette destruction lente de la matière organique des substances osseuses, au cours des siècles, est un phénomène bien connu. Le gonflement qui en est résulté, joint à l'action chimique des parois métalliques, expliquent l'impossibilité où nous nous trouvons maintenant de retirer la tablette d'ivoire de l'étui, où elle avait été placée à l'origine.

V. — Or et matières formant la figure du Soleil.

Face antérieure : moitié supérieure. — La *face antérieure* de l'étui est couverte de dessins et caractères couleur d'or. J'en ai examiné d'abord la *partie supérieure,* où se trouvent les yeux solaires, le théorbe au milieu, et les deux signes des Panégyries.

(1) Contenant, avant dessiccation : 3,44 d'eau volatile à 120°.

Ces diverses figures sont en métal couleur d'or pâle, à l'exception de quatre petites bandes du manche du théorbe, décrites plus haut. Les figures sont massives, d'une épaisseur et saillie notables, et incrustées dans le fond.

Pour obtenir une analyse plus complète, je me suis borné à soulever le sourcil de l'œil solaire droit : sa longueur, ou plutôt celle de sa projection horizontale, était de 30^{mm}, son épaisseur de $1^{mm},08$. Il était incrusté dans un sillon de l'enduit, jusqu'à la moitié environ et même un peu plus de cette épaisseur. En en examinant la tranche à la loupe, je me suis aperçu que ce sourcil était constitué par un gros fil d'argent, arrondi à sa face extérieure et recouvert d'une pellicule d'or sur cette face seulement. De là son ton jaune pâle, la couleur de l'argent perçant à travers la feuille d'or. La pellicule d'or est collée sur l'argent, à l'aide d'une matière agglutinante noire, dont les bavures sont visibles à la loupe. La nature de l'argent a été établie par sa dissolution dans l'acide azotique pur, suivie de sa précipitation à l'état de chlorure, etc. Peu de plomb, une trace de cuivre.

Il est probable que les contours des yeux solaires, le théorbe et les signes des Panégyries sont également constitués par de l'argent recouvert d'or. Mais il aurait fallu, pour s'en assurer, altérer les objets trop profondément.

L'inscription hiéroglyphique située au-dessous est, au contraire, constituée par de l'or à peu près pur, ainsi qu'il sera dit en parlant de la seconde moitié de l'étui. La longueur des filets encadrants est réglée par les dimensions de l'étui (*voir* plus haut); la largeur de ces filets est de $0^{mm},55$; leur épaisseur voisine de $0^{mm},23$; le tout mesuré avec un palmer (vis micrométrique).

J'ai fait une étude spéciale de l'œil solaire. Le contour paraît, comme le sourcil, constitué par de l'argent recouvert d'or.

Le blanc de l'œil offre une structure inverse : la blancheur est due à une feuille d'argent extrêmement mince, fixée sur une couche d'or rouge, dur et d'épaisseur sensible. On s'en est assuré en déposant sur un point une gouttelette très fine d'acide azotique, qui a dissous aussitôt l'argent. On a enlevé ensuite cette goutte par capillarité et l'on y a vérifié l'existence de l'argent, sans cuivre ni plomb. L'excès d'acide resté sur l'œil étant écarté ensuite par un lavage local et séché avec un peu de papier buvard, il est resté un fond d'or rouge, inattaquable par l'acide azotique.

Quant à la pupille, elle offre une teinte d'un noir bleuâtre, constitué par de l'outremer. Je m'en suis assuré, en en prélevant quelques grains à l'aide d'une pointe d'acier et en les plaçant sous le microscope. La couleur bleue est ainsi manifestée, ainsi que la décoloration progressive de la matière par l'acide chlorhydrique fort.

Au centre du signe des Panégyries, et autour de la croix jaune qui le constitue, le fond est aussi noir bleuâtre et j'ai vérifié qu'il était teinté de même par de l'outremer.

Face antérieure : moitié inférieure. — Venons à la *moitié inférieure* de la face antérieure dorée de l'étui. Elle est couverte de caractères hiéroglyphiques, distribués en cinq bandes, entourées elles-mêmes par six filets.

J'ai détaché le filet supérieur : ses dimensions sont très régulières. La longueur est définie par la largeur de l'étui (75^{mm}). La largeur est exactement $0^{mm},55$. Cette largeur, parfaitement uniforme, est la même pour tous les filets d'or et d'argent que j'ai pu mesurer; ce qui montre la précision avec laquelle ces dessins ont été exécutés.

L'épaisseur en est également à peu près uniforme : $0^{mm},215$ à $0^{mm},23$ pour les filets d'or; $0^{mm},265$ pour les filets d'argent. Ces épaisseurs sont sensiblement les mêmes pour les divers caractères et signes des inscriptions hiéroglyphiques, détachés dans le cours de mes investigations. Cependant, parmi les caractères d'argent, on a observé jusqu'à $0^{mm},33$.

Il résulte de ces comparaisons que les caractères, signes et filets, ont été découpés dans des feuillets de métal, or et argent, d'épaisseur à peu près uniforme pour chaque espèce de métal; l'épaisseur des feuilles d'or ($0^{mm},20$ à $0^{mm},23$) étant moindre que celle des feuilles d'argent ($0^{mm},265$ à $0^{mm},33$).

Enfin les petites parcelles angulaires qui recouvrent les cordons sont constituées par de l'or, allié avec un peu d'argent, que l'acide azotique n'attaque pas; tandis que l'eau régale dissout l'or, en laissant du chlorure d'argent insoluble.

De même tous les filets et caractères d'or sont inattaquables par l'acide azotique, même bouillant; mais ils sont attaqués par l'eau régale. Celle-ci dissout l'or. Tous contiennent de l'argent en faible dose.

Quand l'argent est en proportion notable, il reste du chlorure d'argent insoluble. S'il y en a peu, ce chlorure peut demeurer dissous à la faveur de l'excès d'acide chlorhydrique. L'addition d'eau en excès le précipite.

Rappelons ici que les alliages d'or et d'argent ne sont attaquables par l'acide azotique que si l'or forme moins du quart du poids. Dans ce cas d'ailleurs, l'argent se dissout seul; l'or restant sous forme d'une poudre rougeâtre, qui devient brillante sous le pilon.

Dans mes essais je n'ai pas cherché à doser exactement les proportions relatives des deux métaux, étant dans l'obligation d'opérer sur de très petites quantités de matière, afin de respecter les inscriptions et dessins.

Face postérieure : moitié inférieure. — Au revers de l'étui toutes les figures et inscriptions sont blanches et couleur d'argent, par opposition à l'endroit, couleur d'or.

En haut figurent les étoiles à cinq branches, en forme de X, avec une branche verticale partant de l'entrecroisement, branche qui a disparu dans quelques étoiles. Elles sont au nombre de 13, au lieu de 15 sur la face opposée.

J'ai détaché l'une de ces étoiles : épaisseur du métal $0^{mm},265$. Elle est constituée par de l'argent renfermant un peu d'or.

Face postérieure : moitié inférieure. — Caractères hiéroglyphiques et filets couleur d'argent.

Un caractère détaché a été traité par l'acide azotique : c'est de l'argent contenant une petite quantité d'or, comme l'étoile d'en haut. Il est probable que cet argent provenait d'un minerai aurifère — ce qui est un indice d'origine — plutôt que d'un alliage artificiel. Il y a une trace de cuivre, et une petite quantité de plomb.

VI. — Platine métallique.

Il ne reste plus à parler que d'un métal particulier, à couleur d'argent, le platine, élément d'un fragment linéaire détaché des tableaux précédents. Je l'avais pris d'abord pour de l'argent, à cause de sa couleur; mais ses caractères chimiques sont bien différents.

C'est aussi un métal battu, de dimensions comparables aux autres filets et caractères, soit 4^{mm} à 5^{mm} en longueur, $0^{mm},55$ en largeur; $0^{mm},23$ (après un traitement à l'eau régale) en épaisseur.

Je crois devoir donner le détail des opérations auxquelles il a été soumis, afin de ne laisser aucun doute.

Cette lamelle a été traitée d'abord par l'acide azotique bouillant, sans être aucunement attaquée. Surpris, j'ajoutai à l'acide deux fois son volume d'acide chlorhydrique concentré, de façon à obtenir de l'eau régale et je portai le tout à l'ébullition. Dans ces conditions, l'or pur et les alliages d'argent et d'or sont rapidement détruits. Une légère attaque se produisit; mais la lamelle ne diminua guère, même en maintenant le tube au bain-marie, à 100°, pendant près d'une heure : conditions où des objets de platine pur de même épaisseur seraient dissous, comme il est facile de le vérifier. L'eau régale dissout en effet, en petite quantité, du chlorure de platine jaune, dont le mélange avec une solution de chlorure de potassium fournit sous le microscope des grains rouges cristallins. Mais notre métal avait résisté, à la façon de certains minerais de platine, riches en iridium et autres corps congénères.

Après un nouveau traitement semblable, la lamelle de ce métal, d'une résistance chimique exceptionnelle, fut chauffée au rouge vif, sur la lampe d'émailleur, pendant dix minutes, dans un petit creuset de porcelaine, en ajoutant de l'azotate de potassium; lequel se décomposa avec vivacité. La lamelle fut très notablement attaquée. Cependant une grande partie résista encore, sans manifester aucune fusion, tout en reprenant un vif éclat argentin, qu'elle avait en partie perdu. Le mélange d'alcali et d'azotite, demeuré dans le

creuset, avait pris une teinte verdâtre (iridium?). L'attaque avait été notable; car l'épaisseur de la lamelle, à la suite de ce traitement, s'est trouvée réduite à $0^{mm},06$. Ses bords étaient devenus irréguliers et comme déchiquetés. Après lavages à l'eau, nouvelle ébullition avec l'eau régale, nouvelle attaque; encore incomplète, le métal ayant perdu son poli et se trouvant recouvert d'un enduit rugueux et gris jaunâtre. La solution chlorhydronitrique contenait du platine et un peu d'or (vérifié par la formation du pourpre de Cassius).

La portion du métal inattaqué a repris son éclat sous le pilon dans un mortier d'agate; mais il en restait trop peu pour pousser plus loin.

Si j'ai cru devoir donner le détail un peu minutieux de ces observations, c'est afin de bien préciser la résistance singulière aux réactifs d'une lamelle métallique, dont le poids initial ne dépassait pas 5 à 6 milligrammes. Cette résistance surpasse non seulement celle de l'or, mais celle du platine pur. Elle accuse l'existence d'un alliage complexe, renfermant plusieurs des métaux de la mine de platine, sans préjudice d'un peu d'or d'ailleurs. Elle a été préparée, sans doute, avec un minerai natif, d'alluvion, rare et exceptionnel, susceptible d'être rencontré en même temps que l'or natif, comme le savent les minéralogistes. Il aura peut-être été confondu avec l'argent par les anciens Égyptiens, car il a été réduit en feuilles régulières au marteau, comme ils avaient coutume de faire pour les pépites d'or qui l'accompagnaient. C'est ce que semblent prouver les dimensions et la régularité de la lamelle présente : dimensions et formes comparables à celles des autres lamelles d'or et d'argent de notre inscription.

Il est douteux que les opérateurs aient mis à part et soumis à des traitements spéciaux un minerai dont ils n'auraient pas remarqué le caractère exceptionnel. S'ils en avaient rencontré fréquemment des échantillons, ils les auraient sans doute distingués, en raison de l'infusibilité et de l'inaltérabilité du métal, comparé à l'argent. Il y a là une énigme, qui sera éclaircie seulement le jour où des échantillons de ce genre, avec affectation hiératique ou artistique spéciale, auraient été rencontrés parmi les métaux égyptiens.

Pour savoir si les dessins et inscriptions de l'étui en renfermaient plusieurs échantillons, il eût été nécessaire d'en traiter et dissoudre une grande partie : ce qui aurait exigé le sacrifice d'un objet archéologique précieux. J'avais pensé un instant aux étoiles métalliques, existant au sommet de l'objet (et qui figurent le ciel); mais celle que j'ai détachée s'est trouvée simplement constituée par de l'argent.

Je ne crois pas que le platine ait été observé jusqu'ici parmi les métaux provenant de l'Égypte, ni même de l'antiquité. On n'en a signalé d'ailleurs ni dans l'Afrique, ni dans l'Arabie : ses minerais un peu abondants appartiennent à de tout autres régions, à l'Oural et à la Sibérie notamment. Mais on l'a reconnu dans des alluvions aurifères et stannifères en Irlande, en Bretagne, dans le

Rhin, en Laponie, en Transylvanie, etc. Il y en avait probablement des échantillons dans les alluvions de la Nubie, ou des régions supérieures des vallées du Nil et de ses affluents.

VII. — Enduits et procédés d'incrustation.

Les dessins et caractères hiéroglyphiques sont fixés et incrustés sur les deux faces de l'étui : l'étude des procédés d'incrustation présente un certain intérêt.

Les auteurs anciens distinguaient les ciselures en relief ou ἀνάγλυφα, qui ne pouvaient être enlevées, et les incrustations, susceptibles d'être détachées : *crustae aut emblemata detrahuntur* (Cicéron); et encore, *crustis aureis illigatus.*

Mais l'incrustation elle-même peut être pratiquée de plusieurs manières :

Tantôt l'insertion du dessin ou de la figure se fait directement dans le fond métallique (ou dans le verre, la pâte céramique, l'ivoire, le bois, etc.) creusé à cet effet; l'application ayant lieu avec le concours d'un ciment, émail, ou encollage convenable, à chaud ou à froid;

Tantôt au contraire le fond a été recouvert d'abord d'un enduit adhérent (*ceramentum, pigmentum, inceratio, linitus, oblitus, circumlitus,* etc.); sur lequel on a fixé ensuite les incrustations.

Je citerai plus loin quelques textes des alchimistes grecs et du *Liber sacerdotum,* où il est question de ces enduits. Mais il convient d'abord d'examiner directement ceux de l'étui actuel. Les incrustations y sont de deux espèces :

Les unes en relief et en saillie sur le fond; ce sont les figures des yeux solaires, du théorbe, du signe des Panégyries;

Les autres sont lisses, constituant avec le fond un plan uniformément poli; ce sont les dessins de l'offrande et les inscriptions hiéroglyphiques.

Examinons d'abord les enduits, avant de discuter les procédés mêmes d'incrustation. Les enduits existent seulement sur les deux grandes faces de l'étui; les quatre tranches n'ayant d'autre enduit que la production accidentelle de la patine décrite plus haut. Peut-être y existait-il à l'origine un vernis; mais il a disparu.

Je traiterai successivement les questions suivantes :

Enduit fondamental;
Vernis superficiels;
Applications locales, sous les incrustations;
Infiltrations et imprégnations générales, consécutives et accidentelles.

Enduit fondamental. — Lorsqu'on enlève les filets, dessins et caractères,

on reconnaît que le fond mis à nu n'est presque jamais constitué par le métal, mais par une matière noirâtre et durcie, formant un fond général. Elle est assez dure pour qu'une pointe de fer n'y trace facilement, ni raie, ni sillon. Elle est très adhérente au métal de l'étui et ne peut en être détachée, à l'aide d'un ciseau d'acier, qu'à l'état pulvérulent. Cependant elle n'est ni fragile, ni cassante, ni tendant à s'écailler; on n'y aperçoit aucune trace d'éclatement conchoïdal, à la façon de ceux de la cire à cacheter.

J'en ai prélevé un échantillon sur la bande terminale anépigraphe, en bas, au-dessous du filet. L'épaisseur de l'enduit est voisine d'un demi-millimètre. La poudre ainsi obtenue, chauffée dans un tube fermé par un bout, émet une matière organique volatile, à odeur de graisse brûlée (acroléine), sans mélange apparent de résine. Sa teinte noire disparaît par là et il reste une substance rougeâtre, qui fond, au moins en partie, à une température inférieure à celle de la fusion du verre. C'est un mélange d'oxyde de plomb (litharge), qui prédomine, avec de l'oxyde d'étain et quelque dose d'oxyde de cuivre.

L'enduit non chauffé, bouilli avec de l'acide azotique, se dissout en majeure partie, et se décolore : ce qui montre qu'il ne contient guère de charbon proprement dit; le tout sans fournir l'odeur des résines nitrées. L'acide chlorhydrique y développe une effervescence lente (carbonate de plomb) et il dissout un sulfate. En même temps, il se dégage un peu d'hydrogène sulfuré, indice d'un sulfure métallique; probablement du sulfure de plomb ou de cuivre. Ni chaux en proportion sensible, ni charbon. Traces de fer. Il y a une trace de chlore, sans doute sous forme d'oxychlorure cuivrique. L'enduit a été traité par l'acide chlorhydrique, celui-ci étendu d'eau, puis le tout agité avec de l'éther. Ce dernier véhicule, filtré et évaporé, laisse un peu de matière grasse, exempte de soufre libre, de chaux (trace seulement) et de sel de plomb soluble, tel que l'oléate et oxyoléate de plomb. Le résidu, traité par l'acide chlorhydrique, se dissout : il ne noircit pas par l'hydrogène sulfuré; l'ammoniaque y détermine un précipité gélatineux redissous dans l'acide acétique. La solution ne contient pas de phosphate (action du molybdate d'ammoniaque), mais de l'alumine. Cette dernière a été redissoute par l'acide chlorhydrique; ce qui montre qu'elle provient d'une argile qui n'a pas été calcinée. Elle dérive de quelque sel gras d'alumine, enlevé par l'éther.

Ces caractères répondent à un mélange initial d'oxyde de plomb et d'huile siccative, ou savon, avec une certaine dose d'oxyde de cuivre et d'étain. Le mélange était noirci par du sulfure de plomb, de cuivre, ou autres sulfures métalliques en petite quantité. Il a dû être appliqué à chaud à l'origine, de façon à déterminer l'adhérence du métal; à la façon des mastics au minium que l'on emploie aujourd'hui pour assembler les métaux. Sous l'influence du temps et de la chaleur, le corps gras s'est saponifié; il a formé un emplâtre qui a durci graduellement. Plus tard, il s'est oxydé peu à peu et il a presque com-

plètement disparu à la fin (¹). Il s'est formé en même temps un peu d'oxychlorure et de carbonate de cuivre, dont la nuance verdâtre apparaît par places.

En définitive, ce que l'on constate aujourd'hui ce sont les produits qui ont subsisté, c'est-à-dire résisté à la suite d'altérations prolongées pendant des siècles de séjour dans le limon du Nil; les substances ayant subi les actions alternatives ou simultanées de l'air et de l'eau, contenant de l'argile en suspension et des sels dissous. Les conclusions sont subordonnées à cette probabilité de permanence. Sur l'enduit noir formant fond, on avait appliqué à l'origine un vernis.

Le vernis est surtout visible dans la moitié supérieure, là où se trouvent les yeux solaires, qui forment saillies; il a été enlevé par places. On en discerne très nettement la nature et le caractère, en déposant des gouttelettes d'acide azotique froid : l'une sur le vernis, qui n'est pas attaqué; l'autre sur le fond mis à nu par le cours des temps, et qui s'attaque aussitôt, avec production d'une liqueur verte renfermant un sel de cuivre.

Les dessins argentés du revers laissent également apercevoir le fond et le vernis, quoique avec moins de certitude.

Il convient encore de distinguer les taches rougeâtres d'oxyde cuivreux, qui apparaissent lorsqu'on enlève les caractères hiéroglyphiques d'or ou d'argent. Ces taches semblent accuser un saupoudrage initial avec l'oxyde cuivreux, exécuté au moment et sur le point où l'opérateur allait déposer ces caractères. Peut-être cependant résultent-elles d'une différence de réaction entre l'enduit, selon qu'il était exposé directement à l'action de l'air ou des liquides, ou bien protégé par les caractères et lignes métalliques. Enfin les infiltrations, résultant du séjour prolongé de l'étui dans les limons du Nil, ont déterminé la formation de carbonate et d'oxychlorure verdâtres, qui apparaissent sur plusieurs points, spécialement au contour des dessins et hiéroglyphes, J'y ai constaté nommément la présence du chlore.

Procédés d'incrustation. — Il s'agit maintenant d'examiner quels procédés ont été mis en œuvre pour incruster les dessins et caractères sur le fond qui vient d'être défini.

Je rappellerai d'abord qu'il s'agit d'incrustation, et non de simple application par superposition. En effet, chaque filet, chaque figure, chaque hiéroglyphe enlevé laisse apparaître un sillon, ou une cavité plus ou moins profonde. Dans le cas des yeux solaires et objets en saillie sur la face correspondante, ce sillon traverse la totalité de l'enduit, jusqu'à une profondeur de $0^{mm},5$ et davantage

(¹) *Voir* mes recherches à cet égard sur *l'oxydation séculaire des corps gras* (*Ann. de Ch. et de Phys.*, 7ᵉ série, t. XII, p. 445; 1897) et le présent volume, p. 128.

et il arrive jusqu'au métal, qui n'a cependant pas été entaillé, ni même rayé. Toutefois pour les filets, dessins, étoiles et caractères moins épais, le sillon ou cavité demeure compris tout entier dans l'épaisseur de l'enduit qui apparaît au fond. La surface générale, qui comprend l'enduit et les caractères, est parfaitement plane. Il en résulte que les cavités creusées ont une profondeur voisine de $0^{mm},33$ pour les objets d'argent, tels que les hiéroglyphes, et de $0^{mm},22$ pour les objets d'or, tels que les hiéroglyphes en forme d'oiseau, dont j'ai mesuré l'épaisseur exacte avec le palmer pour les deux métaux.

La surface laissée libre par l'enlèvement de ces objets est rougeâtre, en raison de la présence de l'oxyde cuivreux, comme il a été dit plus haut. Cet oxyde demeure d'ailleurs adhérent, à la fois sur l'enduit et sur la face inférieure des objets métalliques qui y étaient incrustés. On observe aussi un double sillon rougeâtre, à la droite et à la gauche du manche vertical du théorbe, dernière trace de l'incrustation de cet objet pratiquée à chaud.

Autour des dessins et caractères hiéroglyphiques apparaît un cerné blanc verdâtre : trace de composés cuivriques effleuris, carbonate (effervescence par les acides) et oxychlorure, résultant de l'altération lente de l'oxyde et du sulfure de cuivre, contenus dans l'enduit général. Cette altération est attestée également par la présence des sulfates.

Les artifices employés pour effectuer ces incrustations peuvent être reconstitués par un examen attentif, à l'aide de la loupe et du microscope, des filets et cavités. Les filets notamment ont été déposés sur une matière ramollie par la chaleur, ainsi que le montrent la régularité de l'empreinte et l'existence très nette de bulles d'air, ayant laissé des lacunes aplaties sous le filet. Les choses se sont passées comme lors de l'apposition d'un cachet sur une surface de cire ramollie. Cependant ce ramollissement était certainement moindre que celui d'une cire à cacheter; l'enduit étant plutôt pâteux, à la façon d'un mélange emplastique de minium et de corps gras. Le mélange constitutif de l'enduit ayant été appliqué d'abord sur le métal de l'étui, lorsqu'il était encore mou, l'artiste y a déposé les caractères, filets ou dessins et il les a enfoncés par l'application d'un fer chaud, ou d'un plan probablement métallique : ce qui a déterminé l'existence d'une surface plane régulière, sur laquelle les objets ont été enfoncés plus ou moins profondément, en restant d'ailleurs dans certains cas en saillie. C'est ainsi sans doute que les yeux solaires, le théorbe et les signes des Panégyries ont été fixés sur la moitié haute de la surface antérieure de l'étui.

Quant aux autres parties, on pourrait encore admettre que les filets et caractères qui les recouvrent ont été placés après refroidissement de l'enduit initial, puis enfoncés, en posant sur le tout un fer ou une plaque de métal fortement chauffée, de façon à faire pénétrer les caractères métalliques dans l'enduit ramolli par la chaleur. L'uniformité de surface de la région où se trouvent les inscriptions implique ce mode d'application.

En tous cas les surfaces ont été régularisées et polies d'une façon uniforme après coup, par les procédés usités dans l'antiquité, tels que l'emploi d'une dent d'ours ou de sanglier, d'un ongle de bête (*onichino*), ou bien d'une coquille (1), ou bien encore de l'oxyde de fer (hématite), sanguine ou rouge d'Angleterre (2). Aujourd'hui, la matière grasse ayant en grande partie disparu, il faut une température plus élevée pour réaliser ce ramollissement, ainsi que je l'ai dit plus haut.

Tels sont les résultats de l'examen des inscriptions et dessins de l'étui, dans leur état présent. Il ne me reste plus qu'à comparer ces résultats avec les textes antiques qui se rapportent à la technique des fabrications de ce genre.

VIII. — Textes anciens relatifs aux enduits et incrustations.

Ces textes sont malheureusement peu nombreux. Ce n'est pas que l'on n'en rencontre d'analogues dans le Papyrus de Leyde, chez les alchimistes grecs, et dans leurs traductions syriaques, ainsi que dans les ouvrages latins traduits du grec qui nous ont été conservés, et parmi les recettes d'arts et métiers, inscrites dans la *Mappae clavicula,* dans le *Liber sacerdotum* et dans divers manuscrits du XIII^e^ siècle, recettes que j'ai relevées et publiées (*La Chimie au moyen âge,* t. I : *Transmission de la Science antique*). On y lit notamment des articles nombreux sur l'écriture en lettres d'or et en lettres d'argent. Mais il ne s'agit guère dans ces articles que de la fabrication d'encres, constituées par de l'or (ou de l'argent) en poudre fine, en feuilles minces, ou délayés dans du mercure; le tout mélangé avec diverses colles ou substances agglutinantes. Les enduits généraux et les procédés d'incrustation proprement dits n'y figurent point. Cependant voici les quelques indications que j'ai relevées. Dans un traité de Zosime, dont nous possédons seulement une traduction syriaque (3), on lit :

« Il faut savoir comment se faisait le traitement des enduits et de l'incération.... Cette recette capitale était la principale pour les anciens et elle était tenue cachée. »

Mais les articles qui suivent cet énoncé général fournissent peu de lumière sur la composition des enduits.

---

(1) Pline, *H. N.*, l. XIII, § 25; — Papyrus de Leyde, n° 28 (*Introduction à l'Étude de la Chimie des anciens,* p. 41).

(2) *Lixa cum Emathite : Liber sacerdotum,* n^os^ 201 et 203. — *La Chimie au moyen âge,* t. I, p. 227.

(3) *La Chimie au moyen âge,* t. II : *Alchimie syriaque,* p. 223.

C'est dans le *Liber sacerdotum* (1) que j'ai trouvé les indications les plus précises. J'ai publié ce petit traité dans mon histoire de *La Chimie au moyen âge;* il contient une suite de recettes techniques traduites en latin d'après un texte arabe, celui-ci étant d'ailleurs traduit à l'origine du grec : ce qui est conforme aux traditions dont l'alchimie syriaque nous offre l'exemple le plus certain. Voici deux recettes d'enduits analogues aux nôtres que j'y lis :

Recette n° 48. — Calcuce cumenon (2) unciam I, saponis olei. sol. III, calcitarii sol. I; ista commisce, primum terens calcuce cumenon, utiliter ad pulverem, et calcitarim semotim, et commisce cum sapone et aqua, quantum necesse fuerit ad ipsum grisobolion. Si autem hec cum superioribus admisces, mirabile erit. »

C'est-à-dire :

« Cuivre brûlé (oxyde cuivreux mêlé de soufre) une once; savon d'huile trois livres; vert-de-gris une livre, mélangez le tout; en broyant d'abord le cuivre brûlé à l'état de poudre, et le vert-de-gris séparément. Mélangez avec du savon et de l'eau, autant qu'il sera nécessaire pour l'opération de l'enduit (3). En opérant le mélange avec les matières indiquées plus haut, on aura un produit merveilleux. »

Dans cet article il n'est pas question des incrustations. Mais elles sont mentionnées dans l'article suivant :

Recette n° 146. — Sapo cum aqua distemperetur et cum spatula diu in manu deducatur. Postea parum pulveris eris usti tercio cocti admisceatur et cum eadem spatula, quo usque formam unguenti recipiat, agitetur. Postea per pannum colletur, et eidem colato boracem in aquam bene bullitam et lardum ferro liquaefactum admisce et cum eadem spatula fortiter commove et opus inunge; in subtiliori vero opere comburitur et cum aqua in qua borax bulierit, distemperatur, et cum penna inungatur.

Eramina, aurum et argentum conflando miscentur et in tenuissimas laminas producitur, et per minuta frusta operi superponitur.

« Le savon est délayé dans l'eau et étalé longuement sur la main, avec une spatule; puis mélangez-le avec de la poudre de cuivre brûlé, trois fois chauffé,

---

(1) *La Chimie au moyen âge*, t. I, p. 197 et p. 215.

(2) Χαλκὸς κεκαυμένος.

(3) Grisobolion, c'est-à-dire Χρυσοβόλιον.

et remuez avec la même spatule, jusqu'à ce que le tout ait pris l'état d'onguent. Ensuite passez à travers un linge, ajoutez-y un sel alcalin, dissous dans de l'eau en ébullition, avec du lard liquéfié au contact d'un fer chaud. Remuez énergiquement avec la même spatule et oignez l'ouvrage. Pour un travail plus délicat, on brûle le cuivre, on le délaie avec l'eau dans laquelle on fait bouillir le sel alcalin (et le corps gras?) et l'on oint avec une plume.

» Les cuivres (1), l'or et l'argent sont alliés par fusion ignée, étendus en lames très minces, et leurs petits fragments sont placés sur l'ouvrage. »

On lit encore dans le *Liber diversarum arcium,* ms. de la Bibliothèque de l'École de Médecine de Montpellier (2) :

De auro et argento in ligno imponendo. — On découpe une feuille d'or ou d'argent avec des ciseaux, on la dépose sur une couche de blanc d'œuf. On sèche. On polit : « cum dente vel ematite frica ».

De même une formule, p. 791 : De auro aplacato imponendo.

Un peu plus loin l'auteur décrit la fixation sur papier des images d'oiseaux ou analogues, par des artifices qui rappellent la *décalcomanie.*

En somme, les détails donnés par le *Liber sacerdotum* sont conformes aux observations constatées dans la présente étude sur les objets et métaux égyptiens soumis à mon examen. Le tout atteste un art très raffiné et qui avait atteint une rare perfection d'exécution.

VII. — Étude sur les métaux qui composent les objets de cuivre, de bronze, d'étain, d'or et d'argent découverts par M. de Morgan dans les fouilles de Dahchour, ou provenant du Musée de Gisèh.

Cette Étude comprend les Chapitres suivants :

1° Remarques générales sur l'origine et la nature des métaux employés par les anciens Égyptiens, et spécialement sur le cuivre, l'étain, l'or et l'argent qu'ils mettaient en œuvre;

2° Sur l'altération lente des objets de cuivre, au sein de la Terre et dans les Musées;

3° Sur l'altération lente des objets d'argent au sein de la Terre;

4° Efflorescences recueillies sur les grès tendres, dans les galeries creusées au temps de la XII^e^ dynastie, à Dahchour;

(1) Bronzes et alliages divers.

(2) Livre II, Chap. VI, p. 788. Catalogue des ms. des Bibliothèques publiques des départements, 1^re^ édition, t. I, 1849.

5° Analyse des objets de cuivre, d'étain et de bronze, provenant des fouilles de Dahchour et autres;

6° Analyse des objets d'or et d'argent, provenant des fouilles de Dahchour.

I. — Remarques générales sur la nature et l'origine des métaux employés par les anciens égyptiens, et spécialement sur le cuivre, l'étain, l'or et l'argent qu'ils mettaient en œuvre.

La question de l'origine des métaux joue un rôle essentiel dans l'histoire de la civilisation; mais elle ne peut être résolue que par l'analyse de nombreux objets, de date et d'origine certaines. Je n'ai pas l'intention de parler ici du fer, sur lequel je n'ai pas fait jusqu'ici de recherches personnelles. Mais je me suis beaucoup occupé du cuivre, de l'étain et du bronze, depuis seize ans et plus, et la présente Étude comprend, en outre, divers objets d'or et d'argent, découverts par M. de Morgan, et dont il m'a confié l'analyse. C'est ce qui m'autorise à présenter ici quelques vues générales sur les problèmes soulevés par mes propres recherches : je m'y renfermerai, pour ne pas embrasser un domaine trop étendu et, dans certaines parties, trop obscur. Il s'agit surtout des données fournies par l'analyse pour la provenance des métaux que je viens de nommer, ainsi que pour la connaissance des procédés suivis dans leur fabrication.

Je m'occuperai d'abord du cuivre, de l'étain et du bronze, formé par leur alliage.

Le cuivre peut être obtenu par le traitement du cuivre natif, comme on l'observe avec les minerais du Lac Supérieur, dans l'Amérique du Nord. Mais le plus ordinairement on le prépare soit par la réduction de ses minerais oxygénés (oxydes, carbonates, etc.), soit par le grillage de ses sulfures simples ou complexes, combiné avec l'emploi des agents réducteurs. Quels étaient les procédés suivis dans l'ancienne Égypte? Pour le savoir, il faudrait bien connaître les minerais exploités à cette époque, et spécialement ceux du Sinaï, si importants à l'époque des premières dynasties. Les mines existent encore, ainsi que les traces des anciennes exploitations, et leur examen, celui des inscriptions que l'on doit y trouver, jettera sur ces questions une vive lumière. On y retrouvera sans doute (1) les anciens minerais et peut-être les restes des fourneaux antiques, ou tout au moins les scories qu'ils ont dû laisser. Jusqu'à ce qu'on ait recueilli ces documents et analysé ces minerais et ces scories, il convient de demeurer sur la réserve. Le seul fait essentiel à cet égard, résultant des analyses que je vais présenter, c'est l'existence dans certains échantillons d'une dose d'arsenic

(1) *Voir* plus loin cette étude, p. 65.

très notable, lequel accuse la mise en œuvre de certains minerais déterminés.

Jusqu'ici je n'ai parlé que du cuivre pur. Mais l'existence du bronze parmi les objets analysés soulève des problèmes particulièrement intéressants. En effet, le bronze implique l'emploi de l'étain. Or, les gîtes de l'étain étaient rares et fort éloignés des centres des anciens empires, tels que ceux de l'Égypte et de la Chaldée. La présence de l'étain et de ses alliages, surtout à l'état d'alliages riches en ce métal et d'un usage courant, soulève dès lors des problèmes capitaux, relatifs aux anciennes navigations depuis l'Indo-Chine, ou les Iles Britanniques, et aux routes de commerce des temps préhistoriques. Par là même, l'existence d'un âge du cuivre pur, ayant précédé l'âge du bronze, a été admise et rendue fort probable.

L'analyse chimique joue ici un rôle d'autant plus essentiel, que les bronzes pauvres en étain sont rouges comme le cuivre, et que les bronzes, même riches en étain, à la suite d'une altération prolongée au sein de la Terre, revêtent le même aspect que le cuivre pur, placé dans les mêmes conditions, en raison de la formation des sous-oxydes de cuivre. Tel est, par exemple, un anneau dont je vais présenter l'analyse et qui renferme 8 centièmes d'étain et 76 centièmes de cuivre; le tout s'étant fortement oxydé, par suite de l'action du temps, offre maintenant la même teinte et le même aspect qu'un vase de cuivre pur, trouvé au voisinage. Aussi les conservateurs des musées ont-ils souvent confondu tous ces objets, sous une même dénomination; par une habitude traditionnelle, ils ont désigné sous le nom de *bronzes* à la fois les alliages et les objets de cuivre pur, désignation qui a jeté la plus grande confusion dans nos études.

Cette confusion ne fait d'ailleurs que reproduire celle qui existait chez les Anciens entre les matières constitutives des objets désignés sous les noms de χαλκός, d'*æs*, d'airain, etc.

Le mot *cuivre*, employé aujourd'hui par l'industrie dans un sens aussi compréhensif, serait préférable au mot *bronze*, dont le sens est plus limité.

Malheureusement l'emploi des dénominations rigoureusement définies par la Chimie ne s'est pas encore vulgarisé chez les historiens et les archéologues; ainsi que le montre l'emploi absolument erroné qu'ils continuent à faire de certains mots, tels que le mot moderne *nitre* ou salpêtre, sel inconnu de l'antiquité, par lequel ils traduisent *nitrum*, au lieu d'employer la dénomination ancienne *natron* (sulfate ou carbonate de soude);

Tel encore le mot de *sel ammoniac*, qui a parfois désigné dans l'antiquité un sel fixe, tout à fait différent du chlorhydrate d'ammoniaque des chimistes d'aujourd'hui;

Le mot d'*azur*, au moyen âge, qui signifiait, même en latin, à l'époque arabe, le cinabre, couleur *rouge*, et que les lecteurs des livres de cette époque traduisent à tort par couleur bleue;

Le mot de *borax*, appliqué autrefois à tout sel alcalin employé comme

agent fondant et décapant dans les soudures; tandis qu'il a pris dans la Chimie moderne un sens spécifique, applicable à certain composé ignoré autrefois;

Le mot *magnésie,* usité dans l'antiquité pour des oxydes de fer, tels que notre oxyde magnétique, et, dans certains cas, l'oxyde de manganèse. Ce mot a même été étendu au moyen âge à divers sels, alliages métalliques et amalgames mercuriels. Il a offert ces sens multiples jusqu'à l'époque du XVIII^e^ siècle, où il a pris peu à peu le sens actuel.

On pourrait citer beaucoup d'autres exemples analogues de cette confusion entre le sens ancien et le sens actuel des mots chimiques et minéralogiques.

L'or et l'argent soulèvent des problèmes analogues, et particulièrement celui de leur alliage naturel, l'*Electrum,* qui se rencontre à l'état natif et qui a été regardé jusqu'au VI^e^ siècle de notre ère comme un métal particulier. Il a même été employé à la fabrication des monnaies en Asie mineure jusque vers le temps d'Alexandre le Grand. Il portait, chez les Égyptiens, le nom d'*asem* (*voir* mes *Origines de l'Alchimie,* p. 215), nom qui désignait également, à l'époque gréco-égyptienne, des alliages destinés à imiter l'or et l'argent et formés des métaux les plus divers (*Introduction à la Chimie des Anciens,* p. 62). Or, les objets égyptiens désignés dans les musées comme constitués par de l'or doivent renfermer souvent une certaine dose d'argent, dont la présence a été méconnue : du moins j'en ai trouvé dans tous les objets provenant des fouilles de Dahchour, comme si les Égyptiens n'eussent pas su, à cette époque reculée, préparer l'or absolument pur.

Leur argent d'alors, au contraire, ne renferme pas d'or en proportion sensible, mais toujours un peu de cuivre, probablement ajouté à dessein.

Quant à l'arsenic, qui joue un si grand rôle dans les manipulations alchimiques de l'époque gréco-égyptienne, et dans les soudures d'orfèvres jusqu'à notre temps, je n'en ai pas rencontré trace dans les objets d'or et d'argent que j'ai analysés; mais il existe dans des objets de cuivre, qu'il durcissait.

Quoi qu'il en soit, il convient de multiplier les analyses des objets dont la date est connue d'une manière certaine, ou du moins approchée. C'est un travail auquel je me livre depuis plusieurs années (1), ainsi que plusieurs savants d'autres pays, parmi lesquels je suis heureux de citer : M. Chantre, de Lyon;

---

(1) J'ai réuni dans les Ouvrages suivants les publications que j'ai faites, à diverses époques, sur le bronze :

INTRODUCTION A LA CHIMIE DES ANCIENS, 1889 : *Sur quelques métaux et minéraux provenant de l'ancienne Chaldée,* p. 219; *Sur l'étain,* p. 250; *Sur l'airain,* p. 230; *Sur le plomb,* p. 264; *Sur le nom du bronze,* p. 275.

LA CHIMIE AU MOYEN AGE, t. I; ESSAI SUR LA TRANSMISSION DE LA SCIENCE ANTIQUE, 1893 : *Sur l'origine du nom du bronze,* p. 356; *Sur les âges du cuivre et du bronze et sur le sceptre de Pépi I^er^, roi d'Égypte,* p. 359; *Sur les noms de l'étain,* p. 367; *Sur quelques objets de cuivre provenant des fouilles de M. de Sarzec en Chaldée,* p. 391.

M. G. Bapst; M. Virchow, de Berlin; M. Much (*Die Kupferzeit in Europa*), de Vienne; M. Flinders Petrie, en Angleterre; M. J.-H. Gladstone, qui s'occupe avec tant de zèle de l'analyse des métaux antiques du British Museum, etc.

Avant d'exposer les résultats de mes analyses, il me paraît utile de signaler quelques expériences et observations, relatives à l'altération des objets de cuivre et d'argent, conservés sous terre, observations indispensables pour l'intelligence des analyses elles-mêmes.

II. — Sur l'altération lente des objets de cuivre au sein de la terre et dans les musées.

Les objets en cuivre, que l'on trouve ensevelis au sein de la Terre et en contact avec elle depuis plusieurs siècles, sont recouverts d'ordinaire par une patine verdâtre et d'une couche terreuse analogue, d'épaisseur variable. Le métal lui-même est transformé plus ou moins profondément en oxyde cuivreux.

Si l'on enlève la patine, elle ne tarde pas à se reproduire, c'est-à-dire que le métal se couvre d'efflorescences; dans tous les cas, il se désagrège lentement, au contact de l'atmosphère de nos climats, même dans les collections. Ce sont là des faits bien connus des conservateurs des Musées et des archéologues, qui désignent sous le nom de *métaux « malades »* les échantillons atteints par ce genre d'altération.

Peut-être ne sera-t-il pas inutile d'en exposer ici le mécanisme, tel qu'il résulte des expériences spéciales que j'ai faites pour l'approfondir.

L'analyse montre que la couche superficielle verdâtre, que je viens de signaler, est constituée en grande partie par de l'atakamite, oxychlorure cuivrique qui répond à la formule

$$3\,CuO,\,CuCl^2,\,4\,H^2O.$$

On y trouve aussi des traces de sels de soude.

Or l'altération observée est produite par l'action des sels contenus dans les eaux saumâtres, qui imprègnent le sol, particulièrement du chlorure de sodium. Il suffit, en effet, de déposer quelques gouttes d'eau salée sur une lame de cuivre pour en déterminer l'attaque, avec formation d'oxychlorure cuivrique. Il est bien entendu d'ailleurs que cette attaque n'est pas due à une substitution directe du cuivre au sodium; substitution impossible dans ces conditions, d'après les principes thermochimiques. Mais elle résulte des actions de l'oxygène de l'air et de l'acide carbonique, accomplies simultanément sur le cuivre et sur le chlorure de sodium, avec le concours de l'humidité; le tout conformé-

ment à l'ensemble des deux équations suivantes :

$$(1) \qquad 4Cu + 4O = 4CuO,$$

$$(2) \quad 4CuO + 2NaCl + CO^2 + 4H^2O = 3CuO, CuCl^2, 4H^2O + CO^3Na^2.$$

La réaction (2) est exothermique, comme le montre un calcul facile à répéter : c'est la chaleur propre de formation de l'oxychlorure ($+ 23^{Cal},0$) qui détermine le phénomène; en admettant, conformément à l'expérience, la présence ou la formation d'un excès d'oxyde de cuivre, par rapport aux autres composants.

La transformation continue qui amène peu à peu la masse métallique à l'état d'oxychlorure, sous l'influence des eaux saumâtres, renouvelées à diverses reprises, ou agissant en grandes masses, est dès lors facile à comprendre.

Mais il reste à rendre compte de la désagrégation spontanée du métal, après qu'il a été extrait de la terre et même placé dans un musée. Or, cette désagrégation s'accomplit sous l'influence de la petite quantité de chlorure de sodium, qui demeure confinée dans la matière. J'ai reconnu que le mécanisme qui y préside est le suivant :

Une première dose d'oxychlorure cuivrique ayant été formée par les réactions précédentes, et les sels solubles correspondants écartés par des influences capillaires; admettons qu'une nouvelle proportion de chlorure de sodium dissous arrive en contact à la fois avec cet oxychlorure et le cuivre métallique : il se formera aussitôt, par une réaction lente, mais facile à reproduire dans un flacon de laboratoire, un chlorure double cuivreux et sodique. Le surplus du bioxyde de cuivre est ramené à l'état d'oxyde cuivreux, qui tombe au fond du flacon, ainsi qu'on l'observe dans le cas d'une expérience directe

$$3CuO, CuCl^2, 4H^2O + 4Cu + 2NaCl = Cu^2Cl^2, 2NaCl + 3Cu^2O + 4H^2O;$$

cependant la solution du chlorure double, subissant le contact de l'air qui pénètre la masse, se suroxyde à son tour, comme il est aisé de le vérifier avec cette solution prise isolément; et elle reproduit du chlorure de sodium, de l'atakamite et du chlorure cuivrique,

$$3Cu^2Cl^2 + 3O + 4H^2O = 3CuO, CuCl^2, 4H^2O + 2CuCl^2.$$

Le chlorure cuivrique excédent, s'il se trouve au contact de l'air et du cuivre, ou bien du protoxyde de cuivre, passe également à l'état d'oxychlorure

$$CuCl^2 + 3Cu + 3O + 4H^2O = 3CuO, CuCl^2, 4H^2O.$$

Nous sommes donc revenus au point de départ, c'est-à-dire en présence du chlorure de sodium et de l'atakamite initiaux; tandis qu'une proportion de cuivre métallique, égale à celle qui était à l'état de bioxyde dans l'atakamite, s'est séparée à l'état de protoxyde, en s'unissant à l'oxygène atmosphérique.

Toutes ces réactions sont d'ailleurs exothermiques, ainsi qu'il est facile de le vérifier, et leur réalité se constate, je le répète, par des expériences directes.

C'est ce cycle de réactions, indéfiniment reproduit, sous l'influence de l'oxygène et de l'humidité, qui détruit le cuivre métallique enseveli dans des terrains humides et même le cuivre conservé dans nos musées.

La surface du métal une fois attaquée et une trace de chlorure de sodium introduite dans son épaisseur, l'attaque se poursuit lentement, en développant du protoxyde; elle détermine de proche en proche l'oxydation et le gonflement du métal oxydé, et, par suite, sa désagrégation jusqu'au cœur même de la masse.

III. — Sur l'altération lente des objets d'argent au sein de la terre.

L'examen des objets d'argent du trésor de Dahchour, communiqués par M. de Morgan, et celui de vases provenant des fouilles de M. de Sarzec, communiqués par M. Heuzey, montrent que ces objets ont subi une altération plus ou moins profonde : leur surface a perdu son éclat et est changée en chlorure d'argent.

Cette altération est due également à la présence des chlorures dans le sol, spécialement à l'action du chlorure de sodium dissous, agissant avec le concours de l'oxygène et de l'acide carbonique de l'air. On peut constater aisément la réaction de ces agents sur l'argent, en abandonnant un objet d'argent, dans une salière, au sein d'une atmosphère humide. L'argent se dépolit, s'altère et se désagrège lentement, par suite de la formation d'un chlorure double d'argent et de sodium, et de carbonate de soude.

$$2\,Ag + O + (n+2)\,NaCl + CO^2 = 2\,AgCl, n\,NaCl + CO^2Na^2.$$

Mais cette réaction, à l'opposé de celle qui s'exerce sur le cuivre, ne se renouvelle pas; à moins que l'on opère en présence de masses considérables d'eau salée, susceptibles de dissoudre le chlorure double. Cette circonstance étant réalisée dans la mer, les objets d'argent y disparaissent à la longue. Mais, dans les musées, l'altération demeure proportionnelle à la dose de chlorure de sodium inclue dans l'objet, c'est-à-dire minime. Au contraire, au sein des eaux saumâtres, ou d'un terrain qui en est imprégné, le renouvellement lent des liquides peut amener une altération plus ou moins profonde de l'objet. Il arrive

même, ainsi que je l'ai observé, qu'il se forme dans certains cas un sous-chlorure d'argent très stable et imprégné dans la masse : dans cet état, il résiste longtemps à l'action dissolvante de l'ammoniaque et à celle du cyanure de potassium.

IV. — Efflorescences recueillies sur les grès tendres, dans les galeries creusées au temps de la XII^e^ dynastie, a Dahchour.

Ces efflorescences m'ont été envoyées par M. de Morgan. Ce sont des aiguilles soyeuses, très fines, longues de 10^cm^ et plus, qui rappellent l'amiante. J'avais pensé d'abord au sulfate de soude, qui s'effleurit si aisément à la surface de certains sols en Égypte ; mais ce sel ne tarde pas à perdre son éclat au contact de l'air, ce que ne fait pas le corps précédent. J'avais pensé aussi aux stalactites du carbonate de chaux. En réalité, l'analyse a montré que c'était là du sulfate de chaux pur, avec son eau d'hydratation. On connaît les apparences multiples de ce sel. Mais il y aurait lieu d'examiner si la roche qui l'a fourni n'est pas elle-même riche en sulfate de chaux.

V. — Analyse des objets de cuivre, d'étain ou de bronze, provenant des fouilles de Dahchour et du musée de Gisèh.

Les objets nouveaux que je vais étudier m'ont été adressés par M. de Morgan, directeur général du service des antiquités en Égypte. La plupart proviennent de la nécropole de Dahchour, près du site de l'ancienne Memphis, et ils ont été trouvés devant M. de Morgan lui-même. Ils comprennent, d'après les indications fournies par ce savant :

1° Des fragments d'un vase de cuivre, provenant d'un mastaba, postérieur au temps du roi Snéfrou, et qui paraît avoir été construit au temps de la V^e^ dynastie ;

2° Un anneau trouvé dans le même puits, de date incertaine ;

3° Un fragment de vase de la VI^e^ dynastie ;

4° Un miroir d'Ament, XI^e^ dynastie ;

5° Un fragment de bracelet du trésor de Dahchour, XII^e^ dynastie ;

6° Un crochet de bronze, XII^e^ dynastie ;

7° Un clou de bronze, provenant de la statue du roi Hor-Fou-Ab-Ra, XII^e^ dynastie ;

8° Un outil de fondation du temple de Deir el-Bahari, au temps de Thotmès III, XVIII^e^ dynastie ;

9° Une bague provenant de Danaqla, XIX^e^ dynastie;
10° Une autre bague de Danaqla, avec sceau, XIX^e^ dynastie;
11° Un vase datant de l'époque des XVIII^e^-XX^e^ dynasties;
12° Une pointe de flèche d'Abydos, XX^e^ dynastie;
13° Tablettes de fondation du temple de Tanis, XXI^e^ dynastie;
14° Socle de statue de Chechanq, XXII^e^ dynastie;
15° Pointe de flèche, époque incertaine;
16° Miroir, époque incertaine.

Entrons dans quelque détail sur ces objets et sur leur analyse. Les objets ont été rangés dans cette description par ordre chronologique.

1° *Fragment d'un vase de cuivre.* — Ce vase a été trouvé dans un mastaba de la nécropole de Dahchour, près du site de l'ancienne Memphis.

D'après une lettre de M. de Morgan, le vase de cuivre avait été écrasé dans un angle de la chambre funéraire et il a été retiré des décombres, dans des conditions telles qu'il est impossible de douter de son antiquité reculée. En effet, le groupe des mastaba, d'après les observations faites jusqu'à ce jour, appartient à une époque voisine du roi Snéfrou, et qui paraît répondre à la IV^e^ ou V^e^ dynastie.

Ce vase se présente en fragments de quelques centimètres carrés. Le métal est profondément altéré et imprégné d'oxychlorure, produit sans doute par l'action prolongée des eaux saumâtres. La couche métallique, épaisse de $1^{mm},5$ à 2^{mm}, forme un noyau revêtu par un enduit verdâtre. La couche métallique elle-même offre sur la tranche, à la surface, deux, trois et jusqu'à cinq lignes parallèles, suivant les places; ces lignes étant accusées par les produits oxychlorurés qui en garnissent les intervalles; comme si le vase avait été obtenu en superposant plusieurs feuilles métalliques distinctes. Toutefois il me paraît plus probable que cette apparence résulte des refoulements locaux et variables d'une feuille unique, soumise au battage du marteau : le vase conserve ainsi quelque trace des procédés suivis pour sa fabrication.

Voici les résultats fournis par l'analyse :

Cuivre	71,9
Chlore (à l'état d'atakamite)	6,2
Oxygène correspondant, à l'état de bioxyde (dans les oxychlorures)	4,2
Oxygène à l'état de protoxyde (dans la masse principale)	6,1
Eau de l'atakamite	6,3
Soufre (en partie à l'état de sulfure de cuivre, en partie de sulfate de chaux)	0,15
Silice et matières fixes insolubles	0,85
	95,7
Arsenic (dose notable dans le métal), acide carbonique, chaux, sels alcalins, eau, trace de matière organique (dans la patine)	4,3
	100,00

Ni étain, ni plomb, ni antimoine, ni zinc, ni fer, en proportion sensible.

Cette matière, étant chauffée au rouge, au sein d'un long tube de verre dur, dans un courant d'azote, a perdu 8,4 centièmes de son poids (eau, acide carbonique, traces de chlorure cuivreux et d'acide chlorhydrique, matières organiques).

Les produits volatilisés dans ces conditions renfermaient Cl = 1,83.

En continuant à chauffer dans un courant d'hydrogène consécutif, la perte s'est accrue de 17,8 centièmes; soit en tout 26,2.

La seconde perte comprend l'eau, répondant à l'oxygène des oxydes de cuivre, et le chlore de l'atakamite $3CuO, CuCl^2, 4H^2O$. En outre, il se volatilise un peu de cuivre, sous la forme de protochlorure, lequel se réduit et forme une couche miroitante de métal à la surface intérieure du tube de verre; le poids en est d'ailleurs minime. Les matières volatilisées ainsi dans l'hydrogène contenaient Cl = 4,34.

Le poids de l'atakamite se déduit du poids total du chlore : 6,17 centièmes, et il fournit ensuite, par le calcul, les nombres relatifs à l'eau de l'atakamite et au bioxyde de cuivre. Enfin la perte de poids dans l'hydrogène, après que l'on en a déduit le poids du chlore de l'acide chlorhydrique et le poids de l'oxygène répondant au bioxyde, permet de calculer le poids de l'oxygène qui répondait au protoxyde de cuivre.

Développons cette évaluation. L'atakamite renfermait, d'après le calcul précédent :

Cu = 22,1 centièmes.

Il reste donc 49,8 centièmes de cuivre, en dehors de ce minéral.

Mais l'oxygène combiné au cuivre et calculé d'après les analyses serait égal à 6,17 centièmes. Or, le protoxyde en exigerait 6,2 : ce qui montre que la totalité du cuivre (en dehors de l'atakamite) est bien réellement à l'état de protoxyde.

Enfin, d'après ces calculs, la perte dans l'hydrogène devrait être égale à 16,5 centièmes au lieu de 17,8 centièmes qui ont été trouvés : ce faible écart est dû en majeure partie au cuivre volatilisé.

On voit que le métal est ici entièrement oxydé : soit que l'oxygène ait été fixé par une réaction prolongée, produite pendant la conservation des vases, soit que le métal primitif ait déjà été mélangé d'oxyde, lors de sa fabrication, comme M. Gladstone l'a supposé pour des échantillons analogues. Mais cette dernière hypothèse paraît moins probable d'après les faits exposés plus haut.

Lorsque la matière que je viens d'étudier a été décapée, au moyen de l'acide azotique bouillant, puis lavée à l'eau pure et séchée, elle ne tarde pas, sous les

influences atmosphériques, à se recouvrir, par une sorte d'efflorescence, d'atakamite cristallisée et verdâtre, qui semble ressortir du centre de la masse.

J'ai fait une observation semblable sur les statuettes votives de Tello (Chaldée) que j'avais précédemment analysées (*La Chimie au moyen âge*, t. I, p. 391), en en cassant un fragment, détaché sans aucun lavage. Les parties ainsi dénudées n'ont pas tardé à laisser transsuder de l'atakamite, sous forme de taches vertes et circulaires.

Il résulte de ces observations que de tels métaux sont imprégnés jusqu'au cœur par des chlorures cuivreux ou alcalinocuivreux : circonstance qui conduit à penser que l'oxygène y a été aussi introduit peu à peu, par le jeu lent des réactions atmosphériques, avec un gonflement progressif, susceptible de désorganiser toute la masse et d'en détruire en partie la cohésion.

2° *Anneau ou bracelet, trouvé dans le même puits, de date incertaine.* — Il a été rencontré plus près de l'entrée, de telle sorte que, le tombeau ayant été pillé dans l'antiquité, il n'est pas possible d'être affirmatif quant à l'âge de ce dernier objet.

C'est un grand anneau ouvert, destiné à entourer le bras ou la jambe.

Cet anneau renfermait, d'après l'analyse :

Cuivre	76,61	et	76,71
Étain	»		8,2
Plomb	5,39	et	5,72
			90,6
Traces d'arsenic.			
Ni fer, ni zinc, ni antimoine.			
Chlore (atakamite), oxygène, eau, traces de soufre, sels calcaires et alcalins, etc.			9,4

On voit que l'anneau est formé par un bronze plombifère et se rapproche de certains laitons. Le métal pur devait être jaune; mais la formation de l'oxyde cuivreux a coloré la masse en rouge. L'atakamite forme une patine ou enduit superficiel; lorsqu'on enlève cet enduit, l'oxychlorure de cuivre ne tarde pas à s'effleurir de nouveau à la surface, comme dans le cas ci-dessus.

Si les deux objets précédents avaient été trouvés ensemble, et s'ils remontaient tous deux à l'époque de Snéfrou, l'existence du bronze à cette époque reculée ne serait pas douteuse. Mais nous avons vu plus haut que le vase de cuivre seul peut être garanti comme remontant à la construction du mastaba; l'anneau ayant été trouvé près de l'entrée, c'est-à-dire à une place où il a pu arriver plus tard, par suite de diverses causes accidentelles.

3° *Fragment de vase de la VI^e^ dynastie.* — Fragment laminaire; aplati;

épais d'un millimètre environ. Partie centrale rougeâtre. Forte patine verte, plus épaisse d'un côté. La matière se désagrège par feuillets, indice du battage primitif de la pièce.

L'analyse a donné :

Cuivre	86,23
Étain	5,68
	91,91
Oxygène, eau, chlore, matières diverses, etc.	8,09

Ni plomb, ni zinc, ni fer, ni arsenic.

L'oxyde d'étain calciné a une teinte rouge.

Le rapport du cuivre à l'étain, dans 100 parties de l'alliage métallique, serait le suivant :

Cuivre	93,8
Étain	6,2

Ce qui répondrait à un bronze pauvre en étain, comme si ce métal, rare et précieux à cette époque reculée, eût été employé en petite quantité.

4° *Miroir d'Ament, XI^e dynastie.* — Ce miroir est constitué par du cuivre presque pur, exempt d'étain, de plomb, de zinc, mais contenant des traces d'arsenic.

L'absence de l'étain dans ce miroir mérite d'être notée; car aux époques postérieures les miroirs ont été généralement fabriqués en bronze ou en argent, ces métaux étant susceptibles d'un plus beau poli et se conservant mieux que le cuivre pur au contact de l'air.

5° *Fragment de bracelet, trésor de Dahchour, XII^e dynastie.* — Diamètre moyen $2^{mm},5$. Pointe se réduisant à 1^{mm}. La partie plus épaisse a 4^{mm}, patine comprise. Noyau rougeâtre. Patine très épaisse par places, et portant même le diamètre extérieur jusqu'à 5^{mm}. Atakamite verdâtre, à la surface.

La longueur de ce fragment est de 10^{cm} à 12^{cm}. Il est rond.

On a analysé séparément la matière métallique centrale, séparée de la patine autant que possible, et la patine. On a trouvé :

Partie métallique.	Cuivre	68,39
	Étain	16,31
		84,70
Oxygène, eau, etc.		15,30

Traces de fer, d'alumine et de chaux (provenant de la patine); traces de zinc (?). Ni plomb, ni arsenic.

Patine.	Cuivre	66,25
	Étain	2,67
		68,92
	Oxygène, eau, etc	31,08

On remarquera la grande richesse en étain du métal. Mais il est possible que l'oxydation ait porté sur le cuivre, de préférence à l'étain, qui fait en effet défaut dans l'analyse de la patine. Par suite le rapport entre l'étain et le cuivre dans la masse centrale serait devenu plus élevé que dans le métal primitif. Ce point mériterait une étude spéciale. Avec la composition actuelle, on aurait un bronze mou.

6° *Crochet de bronze, XII^e dynastie.* — Ce crochet a été trouvé dans le cercueil du roi Hor-Fou-Ab-Ra, à Dahchour. Sa longueur est d'environ un décimètre et demi; son diamètre, de 3^mm. Deux courbures inverses, en forme de S.

Le noyau est rouge, d'une teinte semblable à celle du protoxyde de cuivre. Il est recouvert d'une patine verdâtre, superficielle, à peu près continue, avec des parties granuleuses. En dehors de celles-ci, l'épaisseur de la patine ne surpasse pas une fraction de millimètre.

Le métal est cassant.

L'analyse a donné ;

Cuivre	69,23
Étain	9,82
	79,05
Oxygène, eau, etc	20,95

Pas d'arsenic.

7° *Clou de bronze, trouvé avec une statue du roi Hor-Fou-Ab-Ra, XII^e dynastie.* — Cette statue a été trouvée dans le tombeau violé par des spoliateurs antiques.

Clou droit, d'un diamètre de 5^mm environ. Rougeâtre, avec patine de vert-de-gris (atakamite?). La tête du clou avait 10^mm de diamètre. Matière souple, non cassante.

L'analyse a donné :

Cuivre	85,02	—84,88
Étain	0,97	
	85,99	
Oxygène, eau, etc.	14,01	

C'est du cuivre presque pur.

8° *Outil de fondation du temple de Deir-el-Bahari, sous Thotmès III, XVIII^e dynastie.* — Le métal est du cuivre à peu près pur; on n'y a trouvé ni étain, ni plomb, ni zinc, ni arsenic, en dose sensible.

9° *Bague provenant de Danaqla, XIX^e dynastie.* — Largeur 3^mm; épaisseur o^mm,75 environ.

Cassure rougeâtre. Patine rougeâtre, avec traces verdâtres.

Métal très dur.

Cuivre	77,51
Étain	9,65
	87,16
Oxygène, eau, etc.	12,84

Arsenic sensible; ni plomb, ni fer.

La matière a été attaquée par l'eau régale, comme à l'ordinaire : Les métaux ont offert quelques particularités exceptionnelles, que l'on signale à titre de renseignement.

Ainsi le bioxyde d'étain renfermait des petits grains noirs, insolubles dans l'acide chlorhydrique.

L'oxyde de cuivre, obtenu par évaporation de l'acide azotique, ne s'est plus redissous qu'incomplètement dans ce même acide, laissant un résidu anormal de 2,51 centièmes.

Quoi qu'il en soit, le rapport entre le cuivre et l'étain est voisin de celui d'un bronze normal.

10° *Autre bague de Danaqla, XIX^e dynastie, avec sceau, portant l'image de la déesse Sekhet.* — Aspect général rougeâtre.

Cette bague est très molle et facile à cisailler. L'analyse a porté sur les par-

tics latérales du sceau, que l'on n'a pas voulu détruire. Elle a donné :

Étain	75,66
Cuivre	16,23
Plomb	1,00
	92,89
Oxygène, etc.	7,11

On voit qu'il s'agit ici d'un alliage inverse, en quelque sorte, du bronze, et dans lequel l'étain prédomine : ce qui explique la mollesse.

11° *Vases, XVIII^e-XX^e dynasties.* — Fragments rougeâtres, d'épaisseurs diverses, s'élevant jusqu'à 5^mm^; se désagrégeant par couches, dues sans doute au battage initial du métal. Léger enduit verdâtre.

L'analyse a donné :

Cuivre	76,79
Étain	15,18

Ni plomb, ni zinc, ni arsenic, ni fer.

Traces de chlore et peut-être de soufre.

L'oxyde d'étain calciné présente une teinte noirâtre, indice de quelque matière accidentelle, en petite quantité.

12° *Pointe de flèche d'Abydos, XX^e dynastie.* — Fragment et limaille, couleur de bronze.

L'analyse a donné :

Cuivre	81,93
Étain	12,17
	94,10
Oxygène, etc.	5,90

C'est un bronze dur.

13° *Tablette de fondation du temple de Tanis, XXV^e dynastie, sous Amen-m-apt.* — Poussière et écailles rougeâtres.

Cuivre pur.

Ni étain, ni plomb. Arsenic?

14° *Socle de la statue de Chéchanq, XXII^e dynastie.* — Poudre et limaille rouge; métal de couleur de bronze.

L'analyse a donné :

Cuivre	77,86
Étain	5,00
	82,86
Oxygène, etc...	17,14

Pas de plomb.

C'est un bronze dur, pauvre en étain (6 pour 100 du métal initial).

15° *Pointe de flèche, époque incertaine* (*Dahchour*). — Pointe à trois arêtes; triangulaire; rougeâtre; avec enfoncements entre ces arêtes. Longue de 25^{mm} environ. Une efflorescence d'atakamite s'est développée sur la base, qui avait été cassée pour l'analyse. La pointe est recourbée et cassée également.

Écailles rougeâtres et efflorescences formant des poussières vertes. La matière est très cassante.

L'analyse a donné :

Cuivre	68,12
Étain	5,92
	74,04
Oxygène, etc.	25,96

16° *Miroir, époque incertaine.* — Limaille et fragment rougeâtres, mêlés avec un peu de poudre verte (atakamite?). Couleur de bronze.

L'analyse a donné :

Cuivre	78,57
Étain	11,27
	90,84
Oxygène, etc.	9,16

Pas d'arsenic.

C'est un bronze normal.

Cherchons maintenant quelles conclusions se dégagent de mes analyses d'objets datés de cuivre et de bronze, provenant de l'ancienne Égypte et de la Chaldée. J'ajouterai mes anciennes observations à celles de l'étude actuelle.

J'ai rangé cette fois les objets d'après leur richesse relative en étain. Je donne les rapports bruts entre les métaux, tels qu'ils ont été obtenus par l'analyse de 100 parties de matière; le déficit représentant l'oxygène, le chlore, l'eau, les matières terreuses et incrustations, etc. Ce rapport ne doit pas être

regardé comme étant exactement le même que celui de l'alliage initial, dans son état primitif; les actions oxydantes, chlorurantes ayant pu attaquer les métaux inégalement. Mais il en est incontestablement approché, et il n'existe aucun autre procédé pour obtenir un résultat plus précis; la patine, qui renferme les produits d'altération, étant en partie exfoliée, ou réduite en poussière.

1. *Objets en cuivre sensiblement pur, exempt d'étain.*

Sceptre de Pépi Ier, roi de la VIe dynastie (Égypte), vers 4000 ans av. J.-C. (1).

Figurine votive trouvée à Tello (Mésopotamie), dans les fondations d'un édifice du roi Our-Nina, estimé antérieur au XLe siècle avant J.-C. (2).

Figurine votive de Tello (Mésopotamie), portant le nom de Goudéah.

Fragment d'un vase de cuivre, d'un mastaba de Dahchour, postérieur au temps du roi Snéfrou, IVe ou Ve dynastie.

Miroir d'Ament, XVe dynastie.

Outil de fondation du temple de Deïr el-Bahari, sous Thotmès III, XVIIIe dynastie.

Tablette de fondation du temple de Tanis, XXVe dynastie.

2. *Objets pauvres en étain.*

Clou de bronze, trouvé avec une statue du roi Har-Fou-Ab-Ra, XIIe dynastie, à Dahchour.

Cuivre	85,2
Étain	0,97

Fragment de vase, de la VIe dynastie.

Cuivre	86,23
Étain	5,68

Socle de la statue de Chéchanq, XXIIe dynastie.

Cuivre	77,86
Étain	5,00

(1) *Introduction à la Chimie des anciens*, p. 424.

(2) *La Chimie au moyen âge*, t. I, p. 391.

Pointe de flèche, époque incertaine.

Cuivre	68,12
Étain	5,92

3. *Bronzes proprement dits.*

Miroir égyptien, du XVII^e^ ou XVIII^e^ siècle avant J.-C. (1).

Cuivre	91,0
Étain	9,0

Tablette votive du palais de Sargon, à Khorsabad (2), 706 avant J.-C.

Cuivre	85,25
Étain	10,04

Crochet de bronze trouvé dans le cercueil du roi Hor-Fou-Ab-Ra, XII^e^ dynastie, à Dahchour.

Cuivre	69,23
Étain	9,82

Bague provenant de Danaqla, XIX^e^ dynastie.

Cuivre	77,51
Étain	9,65

Pointe de flèche d'Abydos, XX^e^ dynastie.

Cuivre	81,93
Étain	12,17

Miroir, époque incertaine.

Cuivre	78,57
Étain	11,27

---

(1) *Introduction à la Chimie des anciens*, p. 220.
(2) *Idem.*

Bracelet du trésor de Dahchour, XII^e^ dynastie.

Cuivre	68,39
Étain	16,31

Vase, XVIII^e^-XX^e^ dynastie.

Cuivre	76,79
Étain	15,18

4. *Alliage ternaire.*

Grand anneau, trouvé près de l'entrée d'un puits d'un mastaba de Dahchour, date douteuse.

Cuivre	76,71
Étain	8,20
Plomb	5,72

5. *Étain contenant du cuivre.*

Bague de Danaqla, avec sceau, XIX^e^ dynastie.

Étain	75,66
Cuivre	16,23
Plomb	1,00

D'après ces analyses, on voit que les objets les plus anciens, jusqu'à la VI^e^ dynastie, sont en cuivre pur. Mais dès la VI^e^ on voit apparaître un vase contenant 6 centièmes environ d'étain, c'est-à-dire renfermant déjà ce métal, quoique à faible dose : comme s'il était encore rare et précieux.

Cependant il ne faudrait pas conclure réciproquement à l'antiquité de tout objet de cuivre pur. En effet, on a continué à fabriquer des objets en cuivre exempt d'étain, comme en témoignent un miroir, un outil, une tablette de fondation de Tanis, pour des raisons d'économie, ou autres, que nous ne connaissons pas. La fabrication des objets en cuivre sensiblement pur n'a d'ailleurs jamais cessé ni en Orient, ni en Occident : la chaudronnerie européenne les emploie encore. Mais ils ne servent plus ni comme outils, ni comme miroirs : l'existence d'un miroir en cuivre de la XI^e^ dynastie mérite à cet égard d'être notée, le bronze étant bien préférable, comme poli et inaltérabilité. Peut-être ne l'employait-on pas encore comme miroir au temps de la XI^e^ dynastie. Mais

son usage pour cette application était devenu presque universel au temps de l'Empire romain, ainsi qu'en témoigne l'existence des fabriques de Brundusium, qui ont donné leur nom au bronze : *æs brundusinum* (1).

Les objets pauvres en étain appartiennent à toute époque, depuis la VI^e^ jusqu'à la XXII^e^ dynastie.

Le bronze proprement dit était fabriqué dès la XII^e^ dynastie et sa production n'a jamais cessé jusqu'à notre temps. On remarquera qu'au temps de la XII^e^ dynastie à Dahchour, on rencontre au même endroit des objets contemporains avec des richesses en étain inégales, telles qu'un clou, trouvé avec une statue du roi Hor-Fou-Ab-Ra, qui contient seulement un centième d'étain; un crochet, trouvé dans le cercueil du même roi, qui renfermait dix centièmes d'étain; un bracelet, du trésor de Dahchour, qui contient seize centièmes d'étain. On ne saurait donc conclure de la proportion relative de l'étain la date probable d'un objet.

Un seul alliage ternaire, riche à la fois en plomb et en étain, a été rencontré dans les fouilles actuelles.

Parmi les deux bagues de Danaqla (XIX^e^ dynastie) il en est une remarquable par sa grande richesse en étain (75,66) comparé au cuivre (16,23), et par la présence du plomb (1,0). Cette bague est munie d'un sceau; mais elle est si molle et déformable, qu'il est difficile d'admettre qu'elle ait été destinée à être portée. Ce devait être quelque ex-voto, ou objet magique. L'autre bague de Danaqla, au contraire, est un bronze dur, d'usage courant.

VI. — Analyse des objets d'or et d'argent provenant des fouilles de Dahchour.

Ces objets m'ont été adressés, comme les autres, par M. de Morgan. Ils comprennent :

1° Des perles d'or, du collier de la princesse Noub-Hotep, XII^e^ dynastie.

2° Des feuilles d'or du cercueil du roi Hor-Fou-Ab-Ra, XII^e^ dynastie.

3° Des feuilles et fil d'or, du trésor de Dahchour.

4° Un morceau d'argent, du diadème de la princesse Noub-Hotep, XII^e^ dynastie.

5° Un tube d'argent, du trésor de Dahchour.

---

(1) *Introduction à la Chimie des anciens*, p. 275. — *La Chimie au moyen âge*, t. I, p. 356.

Voici l'analyse de ces différents objets :

1° *Perles d'or du collier de la princesse Noub-Hotep, XII^e dynastie.* — Ce mot *perle* désigne de petits tubes cylindriques à section circulaire, destinés à être enfilés en forme de collier. Diamètre extérieur $2^{mm},5$ environ; épaisseur $\frac{1}{2}$ à $\frac{1}{3}$ de millimètre; longueur variable de 5^{mm} à 2^{mm}.

L'analyse a donné :

Or (dosé par différence)	82,94
Argent	16,56
Cuivre	0,50
	100,00

Ni zinc, ni arsenic.

Le métal, malgré son apparence, n'est pas de l'or pur, c'est de l'electrum ou *asem* (1). Je ne saurais dire si l'alliage était natif ou artificiel. Cependant la présence d'un demi-centième de cuivre me ferait pencher pour la seconde opinion.

2° *Feuilles d'or qui recouvraient le cercueil du roi Hor-Fou-Ab-Ra, XII^e dynastie.* — Ce sont des feuilles d'or battu, d'une épaisseur sensible. Elles sont jaunes en dehors, rouges en dedans; ce qui leur donne l'apparence de feuilles d'or doublées de cuivre. Mais l'analyse a montré qu'il n'y avait en réalité qu'une seule couche métallique; la teinte intérieure paraissant due à quelque matière étrangère, probablement organique.

Or (dosé par différence)	85,92
Argent	13,78
Cuivre	0,30

Pas d'arsenic.

Cet alliage diffère peu de celui des perles du collier précédent.

3° *Feuilles d'or du trésor de Dahchour.* — Sans autre indication. La teinte en est plus franche que celle des précédentes. Elles sont accompagnées par un fil d'or à section quadrangulaire, provenant du coffret qui contenait les bijoux; l'un des côtés de la section étant environ de 1^{mm}, l'autre de $\frac{3}{4}$ de millimètre environ. La longueur du plus grand fragment de ce fil atteignait $45^{mm},5$. Dans ce lot se trouve encore une petite perle d'or, cylindre creux de 1^{mm} de

(1) *Origines de l'Alchimie*, p. 215. — *Introduction à la Chimie des anciens*, p. 62.

diamètre extérieur, sur $\frac{1}{2}$ millimètre environ de diamètre intérieur. Ces divers objets semblent les débris de quelque bijou.

Les feuilles d'or renferment de l'argent, comme les précédents, et il en est de même du fil d'or.

4° *Morceaux d'argent provenant du diadème de la princesse Noub-Hotep, XII^e dynastie.* — Ce sont des fragments aplatis, de teinte foncée violacée, fragiles et facilement pulvérisables.

L'argent a été changé en chlorure.

Dans son état présent, la matière renfermait :

Argent (à l'état de chlorure).....	69,19
Or.....	traces
Cuivre..... .	petite quantité

Ni plomb, ni arsenic.

Le surplus est formé par du chlore et des incrustations diverses.

5° *Tube d'argent, du trésor de Dahchour.* — Tube d'un diamètre extérieur de 10^mm environ, épais de 1^mm,5 à 2^mm; cassé en deux parties, suivant un plan passant par l'axe du cylindre, et qui répondait peut-être à une soudure; car on ne devait pas savoir à cette époque fabriquer des tubes d'une seule pièce. Un autre fragment du même tube semble formé par une lame de même épaisseur d'un côté, et qui va s'amincissant jusqu'à une fraction de millimètre sur la tranche opposée : cette disposition pourrait répondre à la fabrication du tube, au moyen de lames superposées à l'aide du marteau, puis soudées.

Quelques fragments aplatis du même métal.

Il y a, en outre, un clou long de 1^cm, de 3^mm,5 à la tête, sur 1^mm,5 à 2^mm à la pointe, qui semble refoulée au marteau; comme si ce tube avait servi à assembler deux pièces métalliques.

Tous ces objets sont en argent, devenu violacé par suite de son altération, et semé de quelques taches verdâtres. Ils ont dû appartenir à quelque bijou, dont ils représentent les débris. L'analyse a donné :

	Partie cylindrique.	Partie aplatie.
Argent (à l'état de chlorure)..... .	55,41	69,90
Cuivre.....	1,71	2,18

Pas d'or, ni arsenic.

Le surplus est formé par du chlore et des incrustations diverses.

On remarquera que cet argent ne renferme pas d'or, mais seulement quelques centièmes de cuivre destinés sans doute à le durcir, comme on le fait encore de nos jours.

VIII. — Sur les mines de cuivre du Sinaï, exploitées par les anciens Égyptiens.

Les mines de cuivre du Sinaï sont les plus anciennes dont l'histoire fasse mention. D'après des documents authentiques, elles ont été exploitées depuis le temps de la III[e] dynastie égyptienne (stèle du roi Djezer, constructeur de la pyramide à degrés de Sakkarah : 5000 ans environ avant notre ère) jusqu'à la fin des Ramesséïdes (vers 1300 à 1200 avant notre ère). Aux premiers temps de la monarchie égyptienne, c'étaient peut-être les seuls gisements de cuivre utilisés. Leur possession a été l'objet de plusieurs guerres; mais elles sont complètement abandonnées depuis trois mille ans, abandon que justifie la pauvreté de leurs minerais actuels. On y rencontre de nombreux travaux antiques, accompagnés d'inscriptions qui fixent l'époque et l'objet de ces travaux (1). C'est probablement de ces mines que provient le sceptre de Pépi I[er], roi de la VI[e] dynastie, sceptre en cuivre pur, conservé au British Museum et dont j'ai fait l'analyse (2).

En raison de l'intérêt qui s'attache à l'histoire des métaux, dans la civilisation humaine, et à celle de la métallurgie antique, il m'a semblé utile d'avoir des renseignements précis sur les mines du Sinaï et sur les procédés suivis à leur époque dans l'exploitation du cuivre.

M. de Morgan, dont on connaît la haute compétence et les belles découvertes, a bien voulu aller lui-même visiter ces mines, et en rapporter des échantillons, qu'il m'a confiés. M. Lacroix, le savant professeur de Minéralogie du Muséum d'Histoire naturelle, s'est mis à ma disposition pour m'aider dans leur examen. Ce sont les résultats de ces études que je viens présenter.

Les mines du Sinaï sont voisines de la côte du golfe de Suez. Deux gisements au moins ont été exploités : celui de Wadi-Maghara (ancien et moyen Empire); et celui de Serabil-el-Khadem, un peu plus récent.

Le caractère de ces gisements, leur position géographique et géologique, ainsi que la nature des minéraux qu'on y rencontre, ont été exposés par M. de

(1) De Morgan (*Recherches sur les origines de l'Égypte*, p. 230 et suiv.) donne les plus importants de ces textes.

(2) *Voir* mon Ouvrage : La Chimie au moyen age. Premier Volume : *Transmission de la Science antique*, p. 366; 1893.

Morgan dans ses *Recherches sur les origines de l'Égypte*, p. 216 (in-8° chez Leroux, 1896).

D'après ce savant, la péninsule Sinaïtique doit son origine à une éruption granitique, postérieure à l'époque éocène; d'épais filons dioritiques traversent les granites. La région des mines, le pays de *Mafek* (1) des anciens Égyptiens, est située à la limite des terrains éruptifs, au nord-ouest de la presqu'île; elle comprend les affleurements des terrains dits *grès sinaïtiques*, ne renfermant pas de fossiles et qui appartiennent probablement au terrain permien. Ce district s'étend du nord au sud, suivant le 31e degré de longitude est, sur une largeur de 6km et une distance de 40km environ,

A Wadi-Maghara, les mines sont situées dans la région des grès, et au-dessous d'une couche d'hématite; les porphyres dioritiques forment la masse supérieure de la montagne. On y trouve des minerais de cuivre, en veines et imprégnations, dont il va être question; des minerais de fer, spécialement de l'hématite; des grès ferrugineux en couches et du bioxyde de manganèse. On y rencontre aussi du gypse. Au nord, Serabil-el-Khadem et Wadi-Nadb présentent des gîtes miniers, situés dans les mêmes couches.

On assure qu'il n'y a pas de couche calcaire proprement dite dans la région; mais il existe plus loin, à Wadi-Boudrah, des assises crétacées. Entre Serabil-el-Khadem et Wadi-Maghara sont des mines de turquoises encore exploitées, mais dont les Bédouins empêchent la visite.

Les grès que j'ai examinés ne contiennent que des traces de carbonate de chaux. Cependant, j'ai trouvé un morceau de calcaire compact dans mes échantillons, et les scories et débris de fours renferment aussi du carbonate de chaux en dose notable, par places.

Les galeries existent encore, ainsi que les débris des fours, des creusets, les scories, les restes des habitations des mineurs, quelques fragments de leurs outils, etc. Les usines métallurgiques étaient établies dans la vallée. A Sérabil-el-Khadem se rencontrent des silex taillés et autres indices particulièrement archaïques.

Je vais indiquer les observations faites sur les différents objets qui m'ont été remis.

I. — Minerais.

Trois minerais de cuivre existent dans ces échantillons, savoir :

Des turquoises, un hydrosilicate de cuivre et des grès imprégnés de sels de cuivre (carbonate, phosphate et hydrosilicate). On n'y trouve ni sulfures de

(1) *Mafek*, pierre verte, naturelle ou artificielle; *voir* mes *Origines de l'Alchimie*, p. 221.

cuivre, ni cuivre natif, ni cuivre oxydulé natif. Il est probable que les minerais actuels sont superficiels et constituent un *chapeau,* en langage technique; lequel provient de l'altération de gisements pyriteux profonds, que l'exploitation n'a pas atteints. Les infiltrations des eaux souterraines les ont attaqués et ont ramené à la surface des produits oxydés, comme il arrive en général. Les anciens mineurs se sont bornés à gratter ce qui se trouvait à la surface du sol. La méthode d'exploitation consistait à attaquer les affleurements anciens à la pointe, d'abord avec des outils de silex, semble-t-il; plus tard, à l'aide des pointerolles et instruments de cuivre, dont je donne plus loin l'analyse. On s'avançait ainsi en pente et en galeries, soutenues par des piliers, pour la plupart écroulés aujourd'hui. En tout cas, les trois minerais indiqués ci-dessus ont été ramassés près des fours, à Wadi-Maghara notamment, et c'est sur eux que portait l'exploitation.

Les Égyptiens exploitaient à la fois les turquoises, telles quelles, le cuivre métallique, préparé dans les fours, et les matières colorantes naturelles et artificielles dérivées du cuivre, notamment celles dont il va être question. Pour traiter les minerais sur place, ils avaient établi, au voisinage des exploitations les plus importantes, de petites usines et fours rudimentaires, construits avec des morceaux de roches cristallisées; il en sera question tout à l'heure.

1. *Turquoises.* — Les turquoises sont au nombre des pierres précieuses que l'on retrouve dans les tombeaux et qui sont désignées sous le nom de *chesbet,* commun à diverses substances bleues que les Égyptiens confondaient sous une même dénomination. Ces turquoises se présentent soit à l'état isolé, soit disséminées dans des grès ferrugineux. Elles y forment parfois de simples mouchetures, ainsi qu'en témoignent certains des échantillons.

Ces turquoises ont une densité de 2,83 environ. Les acides les attaquent aisément et la dissolution contient de l'acide phosphorique, de l'alumine et du cuivre. Leurs propriétés sont celles de la turquoise classique : phosphate d'alumine hydraté, avec quantités diverses de cuivre. Les analyses des Traités de Minéralogie indiquent de 2,6 à 3,6 d'oxyde de cuivre. Celle de Wadi-Maghara (en veine, dans un porphyre) a été analysée par Frenzel.

Acide phosphorique	28,40
Alumine	38,61
Oxyde de cuivre	3,32
Chaux	3,95
Magnésie	0,15
Silice	4,37
Acide sulfurique	0,66
Eau	20,69
Densité	2,70

2 et 3. Les grès imprégnés de sels de cuivre sont également pauvres. Le minerai qu'ils renferment, sous forme de couches minces interposées et de petits nodules, est un mélange de carbonate, de phosphate et d'hydrosilicate de cuivre. On sait que les minéralogistes désignent aujourd'hui ce dernier (parfois mélangé de phosphate) sous le nom de *chrysocolle*, nom qui a été employé avec des sens très différents chez les auteurs anciens (1). Les modernes l'ont détourné de sa signification antique, suivant un usage trop répandu parmi les minéralogistes du commencement de ce siècle, mais très fâcheux pour l'intelligence des textes et pour l'histoire de la Science; car les archéologues non prévenus s'imaginent que le minéral moderne est le même que le minéral antique, dont il a usurpé le nom.

Quelques fragments de cet hydrosilicate (phosphaté), trouvés à Wadi-Maghara, commencent à blanchir à la surface, par suite de leur déshydratation.

M. de Morgan a rapporté également des tombeaux d'El-Amrah, en Égypte, un minerai constitué précisément par cet hydrosilicate de cuivre, avec sa densité normale : 2,3. Ce dernier a été reconnu fort riche en cuivre; ce qui répond aux analyses du même minerai rencontré dans d'autres régions du monde (40 à 50 centièmes d'oxyde de cuivre).

Les minerais de Serabil-el-Khadem renferment aussi de l'hydrosilicate de cuivre, ramassé auprès des fours, et des grès imprégnés à divers degrés de carbonate et d'hydrosilicate de cuivre. Certains de ces grès sont en même temps ferrugineux et les rognons de turquoises y sont entourés d'une gangue renfermant du fer. Parfois les turquoises s'y trouvent en veinules.

D'autre part, le carbonate de cuivre, qui imprègne les grès, moule par places l'hématite, laquelle sert de ciment à ces grès : ce qui prouve que la veine cuivreuse, provenant sans doute de la décomposition des pyrites, est consécutive à la formation de l'hématite et, par conséquent, à celle des grès qui constituent la roche principale.

Dans tous les cas, ces roches sont très pauvres en minéraux cuivreux. On devait les arracher des affleurements, puis les écraser à la main, à l'aide de pilons de pierre. L'extraction des minerais de cuivre devait demander un grand travail de triage. Mais, à ces époques reculées, la main-d'œuvre, fournie par des captifs et des esclaves, que l'on traitait avec une extrême cruauté, ne comptait pas. Agatharchide nous a transmis à cet égard des détails épouvantables.

4. *Hématite.* — Elle a été trouvée à Wadi-Maghara en gros morceaux, semblables à ceux qui forment certaines statuettes des tombeaux égyptiens; statuettes dont la matière peut d'ailleurs provenir d'autres localités, l'hématite

(1) *Voir* mon *Introduction à la Chimie des anciens*, p. 57 et 243.

étant un minéral fort répandu. A Serabil-el-Khadem, on la trouve aussi à l'état fibreux. La roche de grès elle-même renferme des veines d'hématite bien distinctes. Dans d'autres parties, l'hématite disséminée joue le rôle de ciment.

5. *Bioxyde de manganèse.* — A Wadi-Maghara, un échantillon de pyrolusite cristallisé a été recueilli dans un morceau de calcaire. Nous avons trouvé également de l'oxyde de manganèse dans les matières rapportées de Serabil-el-Khadem. Une hématite manganésifère vient de cette localité.

6. *Grès.* — Les grès constituent les roches principales de Wadi-Maghara. Certaines sont blanchâtres; d'autres, colorées en brun on en vert, sont formées par des grains de quartz, de calibres variés. A peine agglomérés dans certains grès, les grains sont, au contraire, fortement cimentés par l'hématite dans les échantillons compacts, avec toutes sortes d'états intermédiaires. Le microscope y décèle quelques fragments de mica, de rutile, de zircon. Les grès blancs, pas plus que les grès bruns, ne renferment de ciment calcaire en dose notable.

Les grès de Serabil-el-Khadem sont à grains fins, extrêmement imprégnés d'oxyde de fer, qui leur donne une coloration noirâtre, avec des portions rouillées. Dans certaines places, ils alternent avec de minces lits ferrugineux. Ailleurs, l'oxyde de fer s'y trouve concentré en granules, ou en petits points.

Ces grès sont parfois schisteux. Ils sont par place imprégnés de sels de cuivre, à des degrés divers.

On rencontre dans mes échantillons des fragments brisés de quartz transparent, de petits cailloux roulés de quartz, ovoïdes; enfin de nombreux fragments de silex, éclatés et brûlés du fait de l'exploitation.

7. *Calcaire.* — Quoique le calcaire n'ait pas été signalé sous forme de couche dans cette région même, les échantillons contiennent des fragments de calcaire compact, avec trace de fer; cette substance figure aussi dans les scories et débris de fours. Je signalerai, *pro memoriâ,* quelques petits morceaux de nacre, provenant de bivalves, probablement d'eau douce, et une coquille de Néritine fluviatile.

8. *Combustible.* — Le combustible, destiné à réduire le métal, était constitué par du charbon de bois, ou du bois en nature, dont on retrouve des fragments carbonisés à différents degrés, avec des morceaux d'hématite à côté. Ce bois est trop altéré pour que l'on puisse en déterminer l'espèce. Il devait être apporté d'une certaine distance, le Sinaï n'étant pas boisé.

Les données du problème métallurgique étant ainsi définies, par la nature des minerais et par celle des roches accompagnant le gisement, et qui ont pu et dû

être employées dans les opérations, je vais examiner les produits et les résidus de ces dernières, recueillis sur place, après plusieurs milliers d'années.

II. — Produits métallurgiques.

Ces produits sont les suivants :

Parois des fours et des creusets; laitiers et scories; fragments d'outils.

On n'a pas rencontré de fragments de mattes; ce qui paraît exclure l'exploitation des pyrites, substances dont les minerais n'offrent d'ailleurs point de vestiges. Il ne semble pas non plus, d'après l'examen des matières, que les mineurs aient employé de fondants, autres que ceux tirés des roches et minerais rencontrés sur place.

Scories et laitiers. — A Wadi-Maghara on a ramassé des scories lourdes et noires, ou brun foncé, et des scories blanches et légères, ainsi que des grès imparfaitement vitrifiés.

Ces scories, dues à l'exploitation des mines, sont situées dans la vallée. Elles ne doivent pas être confondues avec les couches de fer et de manganèse du sommet des plateaux, d'aspect scoriacé, qui sont en réalité des minerais naturels.

Les grès, plus ou moins ferrugineux et sans doute additionnés d'hématite, ont servi de fondants; le calcaire n'étant intervenu qu'à titre accessoire. En tout cas, les mélanges sont mal fondus, remplis d'incuits, formés de matériaux difficilement fusibles et dont l'homogénéité ne devait pas être très grande : ce sont là les indices d'une fabrication imparfaite.

Certaines scories étaient très fusibles; car elles ont enveloppé et saisi un fragment d'os, appartenant à un petit animal, fragment qui ne manifeste pas les signes d'une calcination violente.

Les laitiers sont constitués par des matières denses, compactes, renfermant peu de bulles, et d'apparence cristalline par places. D'après l'examen microscopique, ils appartiennent à deux groupes. Les mieux cristallisés renferment en abondance des cristaux de péridot ferrugineux (fayalite, $2\,FeO.SiO^2$) et des octaèdres de magnétite. Ce genre de laitiers se forme dans toutes les opérations métallurgiques où le fer et la silice sont en proportions convenables.

Le second groupe est constitué par des pyroxènes verdâtres, mélangés par places de magnétite et de quelques cristaux de feldspaths.

Ces laitiers sont moins basiques que les précédents; ils renferment de la chaux, provenant de gangues calcaires, dont j'ai retrouvé quelques échantillons à la surface des laitiers et des débris de fours.

Un échantillon de laitier contient en abondance de la cuprite, ou protoxyde rouge de cuivre, en octaèdres bien nets et mélangés de cuivre métallique. C'est là un produit accidentel du traitement des minerais de cuivre.

En somme, ces laitiers contiennent les mêmes produits et offrent les mêmes particularités que les laitiers modernes.

Signalons encore quelques gouttes de métal tombées des fours, avec produits oxydés noirs, verts et bleus par places, et avec scories périphériques.

Fours et creusets. — Aucun de ces instruments de fabrication n'a été retrouvé entier; mais M. de Morgan en a rapporté de nombreux débris. C'étaient des constructions d'un caractère très grossier. Les fragments des fours et des creusets, tels qu'ils m'ont été remis, ne se distinguent pas très bien les uns des autres. Cependant, d'après l'examen des lames minces, étudiées par M. Lacroix, il semble que les parois des fours aient été construites de préférence à l'aide de blocs des grès signalés plus haut; les creusets ayant été fabriqués avec un sable quartzeux, cimenté par de l'argile. Mais, dans l'état actuel de ces débris, en partie vitrifiés, la nature des matières originelles est difficile à préciser. C'étaient surtout des grès, avec certaines portions calcaires. Ces échantillons sont en partie compacts, en partie bulleux et renferment des grains de quartz arrondis et en voie de fusion sur les bords. Çà et là on retrouve des cristaux de rutile et de zircon, provenant des grès, et qui ont résisté à l'action des fondants et de la chaleur. Ils sont associés avec des aiguilles de pyroxène ferrugineux et d'anorthite (feldspath triclinique, silicate d'alumine et de chaux); le tout englobé dans un verre incolore, ou jaune foncé (en lames minces).

Ces divers produits d'ailleurs sont ceux que l'on observe d'ordinaire dans les produits similaires de l'industrie moderne.

III. — Fragments d'outils.

Les fragments d'outils offrent un intérêt particulier, car ils représentent les produits incontestables de la fabrication et ils ont été trouvés dans les restes des habitations des mineurs, à Wadi-Maghara. Ceux qui m'ont été remis sont au nombre de trois.

1° *Pointerolle.* — Elle a servi à travailler la roche. Elle est recourbée à son extrémité en forme de biseau, et la forme de cette extrémité correspond à celle des stries du rocher. La pointerolle est cassée, à l'extrémité opposée. Le morceau actuel est long de $3\frac{7}{7}^{mm}$, large de 16^{mm} et son épaisseur, égale à 10^{mm} dans la masse principale, diminue peu à peu, jusqu'à 3^{mm} vers le biseau. Cet outil a

été fondu, mais peu régulièrement et dans un moule assurément grossier. Il est constitué par du cuivre, ne contenant pas d'étain en dose sensible; il est fortement arsénical.

Je rappellerai que la présence de l'arsenic durcit le cuivre. Les alchimistes grecs et égyptiens s'en servent continuellement pour blanchir le cuivre. L'origine minéralogique de l'arsenic contenu dans l'outil actuel et le procédé par lequel il y a été introduit sont obscurs. En effet, je n'ai retrouvé d'arsenic ni dans les minéraux (chrysocolle, turquoise, grès imprégnés de sels de cuivre), ni dans les grès ferrugineux, employés comme fondants. En raison de ces observations, il est probable que l'arsenic a été introduit à part dans la fonte de l'outil, peut-être par une addition de mispickel; mais cette dernière substance n'a pas été retrouvée.

La patine est verdâtre et renferme du chlore (atakamite dérivée du chlorure de sodium des eaux d'infiltration).

2° *Fragment de burin.* — Je désigne sous ce nom un fragment d'outil, plus petit que le précédent et moins rouge : il est également cassé. Le fragment est long de 24^{mm}; sa largeur varie de 6^{mm} à $4^{mm},5$, son épaisseur de 4^{mm} à 3^{mm}. La pointe semble avoir été taillée à quatre pans; mais elle est émoussée et en partie détruite. Le métal est très dur. C'est un bronze, très pauvre en étain d'ailleurs, et exempt d'arsenic (à dose appréciable). La patine jaune brun contient du carbonate de chaux, de fer et un peu de cuivre.

3° *Aiguille.* — Elle est recouverte d'une épaisse patine, formée de carbonate de chaux et de cuivre. Cette patine se détache aisément par le choc. Il reste une aiguille, longue de 54^{mm}, et dont le diamètre est voisin de 1^{mm}. L'axe est plein et métallique. L'aiguille est munie de son chas. Le métal est tendre, tenace, facile à plier. C'est du cuivre, exempt d'étain. — Plomb? — Il y a une petite quantité d'arsenic, avec une trace imperceptible d'antimoine.

La présence de l'arsenic et celle de l'étain dans certains des outils, et leur absence dans d'autres, indiquent que les Égyptiens de cette époque reculée savaient déjà modifier à volonté les propriétés de leurs métaux, par l'introduction de certaines matières étrangères.

M. de Morgan m'a également remis, comme termes de comparaison et produits dérivés probablement des mines du Sinaï :

1° Une couleur verte, en morceaux amorphes, vitreuse à l'intérieur, trouvée dans les tombeaux, à El Amrah, près d'Abydos. C'est de la chrysocolle (nom moderne);

2° Deux aiguilles et une épingle, qu'il a ramassées lui-même dans la très

ancienne nécropole (préhistorique?) de Toukh (entre Thèbes et Abydos). L'épingle a deux pointes. Elle est longue de 82^{mm}. Le diamètre, patine comprise, est de 2^{mm} environ. Elle se rompt aussitôt par la flexion; ce qui met en évidence un axe central métallique plein, rouge, brillant, entouré d'abord de protoxyde de cuivre mat, compris lui-même dans une gaine verdâtre. Le métal est du cuivre, avec une petite quantité d'étain et une dose sensible d'arsenic.

Les deux aiguilles sont munies de leur chas. L'une, longue de 32^{mm}, présente une structure analogue à la précédente. L'autre est longue de 92^{mm}, altérée plus profondément, et également fragile; le cuivre étant changé en partie en protoxyde. La patine verdâtre contient une trace de chlore.

La structure intérieure de cette aiguille est remarquable. En effet, l'axe est canaliculé : un vide central étant entouré successivement par du cuivre enroulé, en grande partie oxydé; le tout enveloppé de patine. Une semblable disposition, qui ne se retrouve ni dans l'autre aiguille, ni dans l'épingle, semblerait l'indice de quelque procédé spécial de fabrication. Par exemple, on a dû fabriquer cette aiguille avec une feuille mince de métal enroulée, au lieu d'arrondir au marteau une bande longitudinale pleine, découpée dans une lame d'une certaine épaisseur; car la filière était inconnue alors. Le moulage ne s'appliquerait guère à de si petits objets et d'une telle forme. Le chas est d'ailleurs d'assez grande dimension.

Le métal de cette aiguille est rouge, constitué par du cuivre, avec un peu d'étain et une dose sensible d'arsenic : pas de phosphore.

Ce sont là des alliages pauvres en étain, tels qu'on en rencontre dans les anciens outils des régions de l'ancien continent et de l'Amérique, où ce dernier métal était rare et difficile à obtenir.

En résumé, les minerais de cuivre du Sinaï sont des minerais pauvres et peu abondants, constitués par des grès, renfermant des silicates, phosphates et carbonates basiques de cuivre et des turquoises. Leur récolte devait être pénible et exiger une main-d'œuvre considérable.

A ces époques reculées, où les Égyptiens se servaient encore des armes de bois et de pierre, dont on a retrouvé les restes dans leurs tombeaux, le cuivre était un métal rare et précieux, et sa possession justifiait de semblables travaux. La période postérieure, où se répandit l'usage du bronze, plus précieux encore, a dû débuter par des temps où l'étain, apporté de contrées lointaines, était mis en œuvre avec une extrême parcimonie, ainsi que l'attestent nos échantillons.

En tout cas, l'extraction du métal se faisait par des méthodes semblables à celles que la métallurgie du cuivre a suivies pour les minerais analogues, depuis l'antiquité jusqu'à ces derniers temps : je veux dire par l'emploi du bois, comme réducteur, combiné avec celui de fondants siliceux, ferrugineux et calcaires. Ces mines ont été abandonnées, il y a trois mille ans, à cause de la pauvreté des minerais, de leur raréfaction, et, sans doute aussi, à cause des difficultés de

l'exploitation et des transports dans une région déserte et éloignée de l'Égypte proprement dite. Il n'en est pas moins intéressant de constater que l'on était arrivé — probablement dès le début de l'exploitation des mines du Sinaï, c'est-à-dire il y a près de sept mille ans — aux procédés suivis jusqu'à nos jours : procédés fondés sur un empirisme dont l'origine est facile à concevoir et qui n'exigeaient la connaissance d'aucune théorie proprement dite, telle que celles qui transforment en ce moment la métallurgie moderne.

DEUXIÈME GROUPE.

FOUILLES DE CHALDÉE.

I. — L'âge du cuivre en Chaldée.

Les découvertes faites en Chaldée, à Tello, par M. de Sarzec, ont fait connaître des monuments d'une haute antiquité, remontant aux origines de la civilisation de cette région, c'est-à-dire à cinq ou six mille ans au moins. Elles ont fourni entre autres des armes, ornements et outils susceptibles de jeter une nouvelle lumière sur l'histoire de l'industrie des métaux. Tels sont les objets que j'ai étudiés et analysés dans mon *Introduction à la Chimie des anciens*, p. 219-228 : spécialement une figurine de Goudéah, ainsi que des tablettes votives, trouvées dans les fondations du palais de Sargon à Khorsabad (VIII^e^ siècle av. J.-C.). Tel est encore le sceptre de Pepi I^er^, roi d'Égypte (*La Chimie au moyen âge*, t. I, p. 365). Telle est la statuette, plus ancienne encore, toujours de cuivre pur et originaire de Tello (même Ouvrage, t. I, p. 391).

Je rappellerai également mon étude sur les métaux égyptiens, spécialement sur ceux des fouilles de Dahchour par M. de Morgan (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 7^e^ série, t. IV, p. 546-575. — *Voir* la page 43 du présent Volume).

En poursuivant cet ordre de recherches, j'ai revu et étudié divers objets, provenant aussi de Tello, déposés au Musée du Louvre, et que M. Heuzey, membre de l'Académie des Inscriptions, a bien voulu soumettre à mon examen.

Voici les résultats que j'ai obtenus, lesquels font suite aux recherches que je poursuis depuis quelques années sur les métaux des anciennes civilisations. Il en résulte de nouveaux progrès dans la connaissance de ces intéressantes

questions. En effet, on y rencontre les premiers et plus anciens monuments datés, appartenant à l'âge du cuivre en Chaldée.

1. J'ai d'abord analysé une *lance* ou lame colossale, portant divers dessins et inscriptions, avec le nom d'un roi de Kish, lequel remonterait à une époque antérieure à Our-Nina, c'est-à-dire à quatre mille ans environ avant notre ère. Cette lance n'a pas dû servir à un usage pratique; elle semble avoir un caractère hiératique, ayant été consacrée à quelque divinité, ou à quelque souverain. Elle est formée par un métal rouge, fortement altéré dans quelques-unes de ses parties, et changé en une pâte verdâtre.

J'ai analysé séparément le métal et les produits de son altération.

Les analyses du métal ont été exécutées sur un poids de matière voisin d'un quart de gramme; l'objet étant trop précieux pour qu'on pût en détacher davantage.

La limaille du métal est constituée par du cuivre sensiblement pur; je n'y ai rencontré ni étain, ni plomb, ni zinc, ni arsenic, ni antimoine, en proportion sensible.

La portion oxydée est formée par un oxychlorure de cuivre hydraté (atakamite) exempt de carbonate. Il ne s'y trouvait pas d'arsenic, ni d'antimoine, ni d'étain, ni de zinc, mais une trace de plomb. Cette matière, desséchée à l'étuve, renfermait Cl = 19,6 centièmes.

Or l'atakamite

$$3CuO.CuCl^2 + 4H^2O,$$

une fois desséchée, contient Cl = 19,1.

Cet oxychlorure résulte de l'action des eaux saumâtres du sol, au sein duquel la lame a séjourné depuis tant de siècles. Une fois l'objet retiré des profondeurs et mis en contact avec l'air, la présence des chlorures alcalins et de l'atakamite menace d'en amener, à la longue, la désagrégation totale; par suite de sa transformation progressive en protoxyde de cuivre. Cette désagrégation résulte d'un certain enchaînement de réactions, qu'une petite quantité de chlorure de sodium détermine, avec l'intermédiaire de l'atakamite, et que j'ai définies par des expériences directes (*Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, t. IV, p. 552. — Ce volume, p. 47). Elle a commencé à se produire dès à présent sur la lame chaldéenne, déposée au Louvre, et l'expose à une destruction lente. La plupart des statuettes de cuivre, trouvées dans les mêmes fouilles, et dont j'ai donné l'analyse (1), ainsi que celle des haches dont il va être

(1) *La Chimie au moyen âge*, t. I : *Transmission de la Science antique*, p. 391.

question, sont également en train d'éprouver cette altération dans le Musée. Elles y sont étiquetées à tort : *objets de bronze,* étant de cuivre pur.

2. *Herminette à douille* circulaire, située vers une extrémité, et à tranchant horizontal, formée par un métal rouge. L'objet est long de $14^{cm},5$ environ, dont 11^{cm} jusqu'à la douille. Sa largeur varie de 3^{cm} à $2^{cm},5$; son épaisseur de $0^{cm},12$ à $0^{cm},045$. La hauteur de la douille est de 5^{cm} à 6^{cm}. Fragments cassés, revêtus d'une patine verdâtre. Un instrument semblable est représenté entre les mains de personnages chaldéens, sur les monuments, de l'époque d'Our-Nina à celle de Goudeah, c'est-à-dire de l'an 4000 à l'an 3000 environ avant notre ère.

Les fragments que j'ai analysés sont constitués essentiellement par du cuivre métallique, associé à un peu de protoxyde. Ni étain, ni plomb, ni zinc, ni arsenic, ni antimoine. La herminette n'est donc pas formée par du bronze, mais par du cuivre sensiblement pur.

Il existe au Louvre plusieurs haches chaldéennes analogues, à douille transversale, circulaire, située vers l'une des extrémités, de la même forme que certaines haches de bronze des temps préhistoriques, en Europe. Ces haches chaldéennes de cuivre pur sont également moulées. On en voit de pareilles, figurées dans les Ouvrages de Much (*Die Kupferzeit*), dans les belles publications de M. Chantre sur l'âge du bronze, dans celles de M. Montelius sur l'âge du cuivre en Suède, dans celles de M. Martin sur le Musée de Minoussinsk (Sibérie). Ce sont des formes industrielles communes, dues sans doute à un même mode de fabrication et d'emploi.

3. *Hachette ou herminette* complète, rouge, à tranchant vif, sans douille; elle a été trouvée, sans manche, au-dessous des constructions anciennes du roi Our-Nina. C'est une petite lame plate, à talon arrondi et légèrement élargi, longue de $15^{cm},5$; la largeur varie de 5^{cm} à 3^{cm}; l'épaisseur, de $0^{cm},5$ à $0^{cm},2$. Elle n'a pu être emmanchée qu'à l'aide d'une ligature : soit verticalement dans une fente du manche; soit horizontalement sur un manche coudé taillé en biseau.

M. Heuzey la regarde comme l'objet peut-être le plus ancien rencontré dans ces fouilles. Le métal est dur; c'est du cuivre pur, exempt d'étain, de plomb, de zinc; mais il renferme des traces d'arsenic et de phosphore. Ce métal semblerait donc avoir été durci par le concours de ces derniers éléments; de même que les instruments trouvés dans les mines du Sinaï, dont j'ai donné plus haut les analyses. Mais nous ne possédons pas les minerais qui ont été employés dans la fabrication des objets chaldéens, et dès lors, nous ne pouvons pas affirmer, comme j'ai pu le faire pour les outils du Sinaï, que la présence de l'arsenic résulte sans doute de l'addition de quelque substance étrangère au

minerai de cuivre proprement dit. En tout cas, je le répète, il s'agit ici de cuivre et non de bronze, les outils chaldéens que j'ai analysés ne contenant pas d'étain.

Indépendamment des objets de cuivre qui précèdent, M. Heuzey m'a remis divers échantillons d'autres métaux, trouvés dans les mêmes fouilles, mais de date moins certaine. Voici les résultats que j'ai obtenus :

4. *Objet ovoïde,* ou plutôt ellipsoïde allongé, d'apparence métallique, d'une densité considérable, pesant 121^{g}; trouvé avec les objets chaldéens; formé par une matière cristalline, noire et brillante, agglomérée.

La poussière ou limaille était constituée par du fer entièrement peroxydé (fer oligiste), sans arsenic, ni zinc, ni alumine.

La collection contient, en outre, des objets analogues plus petits, formés de fer peroxydé, en forme d'olives, et semblables à des projectiles de fronde.

5. Lingot et rognures (anciennes) d'un métal blanc, trouvés avec des objets chaldéens dans un vase de grosse poterie.

La limaille du lingot renfermait, pour 100 parties :

Argent	96,3
Cuivre	3,5
	99,8

pas de plomb.

6. *Échantillon de métal chaldéen,* remis par M. Heuzey. Il s'agit de la statuette du roi Rim-Sin, datée de 2200 ans avant notre ère. La poussière, détachée à la lime, renfermait :

Cuivre	92,9
Sable	0,2
Patine oxydée	6,9

(sans autre métal).

C'est du cuivre à peu près pur, comme les statuettes plus anciennes de Goudéah et du palais du roi Our-Nina.

II. — Analyse de quelques objets métalliques antiques provenant de la Chaldée.

Ces objets proviennent des collections du Louvre, et particulièrement de statuettes hiératiques. Ces statuettes, ayant été forées à la base, afin d'en per-

mettre la fixation sur un pied, ont fourni une certaine quantité de poudre, que M. Heuzey m'a prié d'analyser.

1. *Statuette représentant une femme qui soutient avec ses deux bras une corbeille posée sur sa tête.* — La femme, haute de 20^{cm} environ, est debout, nue jusqu'à la ceinture; mais la partie inférieure de son corps est revêtue d'une sorte de jupe, couverte d'inscriptions.

Il n'y a pas de jambes, le corps se terminant en pointe. Cette figurine a été un type courant depuis le temps de Goudéah jusqu'à celui du roi Rim-Sin, pendant une période d'une vingtaine de siècles.

Les figurines de ce genre jouaient le rôle d'amulettes, que l'on enterrait dans les fondations des édifices. La statuette présente est datée de Bour-Sin, roi chaldéen de la ville d'Our, vers le XXVI^{e} siècle avant notre ère.

Elle est d'une couleur rouge de cuivre; elle présente sur toutes les parties du corps une double patine : l'une superficielle, verdâtre, enlevée par places; l'autre, plus profonde et plus uniforme, rougeâtre.

On a fait plusieurs analyses du métal (trois dosages distincts, sur des poids voisins de 0^{g},25 environ).

La première a porté sur une poudre extraite à 35^{mm} de profondeur, dans l'axe vertical. Cette poudre présentait l'apparence d'un métal blanc rougeâtre. Elle contenait, sur 100 parties :

Cu	76,0
Pb	18,1
	94,1
Soufre notable, fer, oxygène, etc	5,9

Ni étain, ni zinc, ni arsenic, ni antimoine.

Cette composition m'ayant surpris, j'ai fait détacher de la queue de la statuette un fragment compact, nettement rouge, qui a été soumis à une analyse spéciale (deux dosages : l'un sur 0^{g},2154; l'autre sur 0^{g},1879). Le cuivre a été dosé sous forme d'oxyde; le plomb sous forme de sulfate; le soufre à l'état de sulfate de baryum. On a obtenu sur 100 parties :

Cu	77,4
Pb	17,0
S	2,3
	96,7

Un peu de fer, pas d'étain, de zinc, d'antimoine, ou d'arsenic.

Cette analyse confirme la première; sauf un léger excès de plomb à l'intérieur, attribuable à un commencement de liquation.

La patine renfermait du carbonate de cuivre, du plomb et du fer oxydés.

Ainsi la statuette actuelle est constituée principalement par un alliage d'une partie de plomb avec un peu plus de quatre parties de cuivre et une dose de soufre notable, provenant sans doute du minerai qui a servi à fabriquer ces métaux.

Sa composition contraste avec celle des statuettes anciennes de Goudéah (1) et de Our-Nina (2), constituées par du cuivre presque pur. Elle ne diffère pas moins de celle de la statuette de l'époque du roi Rim-Sin, datée celle-ci de 2200 avant notre ère, également formée de cuivre à peu près pur.

Cette circonstance m'ayant inspiré quelques doutes, j'ai cru devoir faire répéter l'analyse du dernier métal sur un échantillon de poudre, extrait du centre de la statue et ne renfermant par conséquent aucune patine. Voici les résultats obtenus sur $0^{g},464$:

Cuivre	95,7
Fer	3,1
	98,8
Soufre et oxygène	1,2

Ni étain, ni plomb, ni zinc, ni antimoine, ou arsenic.

2. *Statuette babylonienne de date inconnue, haute de* 122^{mm}. — Elle représente un prêtre barbu, ou une divinité, coiffé d'une tiare, tenant un animal sur sa poitrine. Métal rougeâtre, poudre mêlée de carbonate de chaux. Analyse exécutée sur $0^{g},284$.

L'oxygène a été dosé sous forme d'eau, en chauffant la matière dans un courant d'hydrogène.

Pas de plomb, ni de zinc, d'antimoine, ou d'arsenic :

Cu	79,5
Sn	1,25
Fer	0,8
O	9,75
$CO^{3}Ca$	8,3
	99,6

Ce métal était fortement oxydé.

3. *Piédestal d'un petit taureau babylonien ayant l'apparence du bronze,*

(1) *Introduction à la Chimie des anciens*, p. 225. — *La Chimie au moyen âge*, t. I, p. 364.
(2) *La Chimie au moyen âge*, t. I, p. 391.

avec incrustations d'argent. — Le métal de la statue n'a pas pu être analysé; celui de son piédestal contenait :

Cu	82,4
Sn	11,9
Fer	4,1
	98,4
Oxygène et perte	1,6
	100,0

Pas de plomb, ni d'antimoine, de zinc ou d'arsenic.

Ce métal est un bronze ordinaire, avec une dose sensible de fer (*voir* p. 103).

On voit que la composition de ces alliages, sous une même apparence de métal rouge, offre une grande diversité, dès qu'on arrive au-dessous de l'an 3000 avant notre ère. J'ai fait déjà la même remarque pour les métaux égyptiens (p. 59 et suiv.).

Cette diversité résultait en partie de la nature du minerai; mais les additions de plomb et d'étain sont intentionnelles.

4. *Cachet hétéen, formé d'un métal blanc* (*Louvre*); origine inconnue. — C'est de l'argent, avec des traces de cuivre et de fer.

5. *Feuille d'or jaune,* d'origine assyrienne provenant du palais de Sargon. — Cet or ne renferme ni cuivre, ni plomb, ni fer en proportion sensible. Il contient une dose considérable d'argent, dose que le poids minime de l'échantillon mis à ma disposition ne m'a pas permis de préciser davantage. La présence de l'argent dans cette feuille d'or n'en mérite pas moins attention, car elle répond à la composition des feuilles d'or provenant des tombeaux de l'ancienne Égypte, telles que celles du cercueil du roi Hor-Fou-Ab-Ra (XII^{e} dynastie) et du trésor de Dahchour, découvertes par M. de Morgan, et que j'ai analysées (p. 20, 21; *voir* aussi p. 63).

De même certains fils d'or et les perles d'or du collier de la princesse Noub-Hotep (XII^{e} dynastie). C'est toujours l'alliage antique d'or et d'argent, désigné sous le nom d'*asem*. En Chaldée comme en Égypte, à ces époques reculées, on savait mal purifier l'or natif.

L'existence de degrés successifs dans l'usage et la purification des métaux, soit usuels, soit précieux, ressort de toutes ces analyses. En particulier, l'emploi du cuivre pur pour fabriquer les armes et outils, même d'usage courant, en Chaldée vers l'an 4000 avant notre ère, est établi par les analyses. Il a précédé l'emploi du bronze, c'est-à-dire du cuivre allié à l'étain, lequel se retrouve dans des objets postérieurs, en Chaldée comme en Égypte. On peut même ajouter que la forme des haches à douilles, les procédés de moulage et de fabrication,

aussi bien que les usages pratiques auxquels ces outils étaient destinés, ont été les mêmes; soit pour les haches de cuivre pur de la Chaldée, soit pour les haches de bronze préhistoriques de l'Europe et de la Sibérie.

Ces observations me paraissent d'autant plus dignes d'intérêt qu'elles ont porté sur des objets authentiques et qui remontent, en Chaldée et en Égypte, aux temps historiques proprement dits; conditions que les objets de cuivre pur trouvés en Europe ne remplissent pas au même degré. Les découvertes faites en Égypte et en Chaldée apportent dès lors de nouvelles lumières aux problèmes relatifs à l'origine de l'industrie des métaux dans l'histoire de l'humanité.

TROISIÈME GROUPE.

FOUILLES DE SUSIANE.

Voici la lettre de M. Roland de Mecquenem, ingénieur civil des Mines, attaché à la délégation française en Perse, qui accompagnait l'envoi de divers objets antiques analysés plus loin, le 11 décembre 1905.

« Ces objets proviennent des fouilles de M. de Morgan, dans la partie de la ville de Suse désignée par les travaux de M. Dieulafoy sous le nom de *Tell de l'Acropole*.

» Ce tell, après l'époque élamite, fut successivement occupé par les Achéménides, les Parthes, les Sassanides et les Arabes. Les couches du sommet sont composées des débris de matériaux de ces époques diverses, très souvent remaniés et mêlés. Les objets recueillis parmi eux et non spécifiés par une inscription ne peuvent être attribués que par des considérations de style, d'ornementation, ou de matière.

» Au-dessous de ces couches, dont l'épaisseur varie de $0^m,60$ à 5^m (en raison des érosions atmosphériques et des travaux des derniers établissements), se trouvent des débris de l'époque élamite (ant. à 750 A. C.). Là se rencontrent des traces très incomplètes de fondations, des pans de murs sans continuité ni régularité, quelques dallages, etc..., dont les matériaux sont les grandes briques fabriquées par les Élamites et qui portent parfois des inscriptions. Malheureusement celles-ci ne fixent pas l'époque du niveau du tell où on les rencontre; car, dans un même ouvrage, elles sont d'époques variées. Les briques des anciennes dynasties ayant été reprises constamment des vieilles constructions pour servir aux nouvelles, on ne peut assigner à un niveau et à une surface limitée, où ont été recueillis des objets intéressants, qu'une date postérieure à la plus récente indiquée par les inscriptions. On comprend alors que l'on ne puisse être affirmatif sur la date de fabrication et l'époque de la dernière manutention des objets qui n'ont pas de style particulier, et ne peuvent en avoir : comme des anneaux, bagues, fibules et clous, et surtout des minéraux, ou des résidus métallurgiques, que leur poids spécifique fait descendre dans les remaniements.

» Au cours des fouilles de 1903-1904 il a été découvert, sous un dallage, de nombreux objets très variés d'époque, de nature, d'usage, décrits dans le Tome VII des *Mémoires de*

la Délégation en Perse, comme appartenant à un dépôt d'offrandes faites à la fondation du temple du dieu Šušinak, x^e^ siècle avant J.-C. Beaucoup de ces objets, précieux de travail et de matière, remontent à une époque très reculée.

» Le fragment de tombeau achéménide appartient à un monument de bronze, très remarquable par sa forme et par sa destination; il renfermait les os d'un squelette, de précieux bijoux d'or et des émaux, dont le style, influencé par l'art grec et l'art égyptien, indique l'époque achéménide et la fin de cette période. »

Une lourde calotte de bronze formait l'extrémité du montant d'un battant de porte; inscrit au nom du roi Šilhak, d'après une inscription, sur laquelle M. V. Scheil a bien voulu me remettre la Note suivante :

« L'inscription en langue anzanite de la calotte de bronze se lit :

» 1. *Sunkik Si-il-ha-ak* (*nap*) *Šušinak ša-ak*
» 2. *...da-si-' si-a-an DIL-BAT*
» 3. *Za-na Šu-šu-un-' i-du-nu-uš*

c'est-à-dire :

» 1. Le roi Silhak Šušinak fils
» 2. de ... dasi', (dans) le temple d'Ištar
» 3. déesse de Suse, a voué (ceci).

» Le titulaire vivait entre 1000 et 750 avant J.-C., et n'a rien de commun avec le grand roi Šilhak In Šušinak, fils de Šutruk Nahhunte (1100 avant J.-C.). »

Je partagerai l'examen des objets qui m'ont été remis de la part de M. de Morgan en trois parties, savoir :

I. Fragments de vases et instruments métalliques provenant du Tell de Suse et attribuables pour la plupart à l'époque élamitique.
II. Minerais et objets divers, d'époque inconnue.

Ces deux premières études ont été exécutées avec la collaboration de M. G. André.

III. Clous et fragments d'armes et d'outils provenant de fouilles au temple du dieu In Šušinak, analysés par M. Gaudechon.

I. — Fragments de vases et instruments métalliques provenant du Tell de Suse (époques élamitique, achéménide, etc.).

1. Fragment d'un vase d'argent brisé et fortement altéré par sa tranformation en chlorure, qui l'a désagrégé. Sa forme était circulaire, indiquée par deux rainures de la partie supérieure d'un fragment, correspondant sur cette partie à un diamètre de 4^{cm} à 5^{cm} vers l'ouverture du vase. La face intérieure a conservé son poli, en prenant une teinte noir violacé très foncée.

Un autre fragment semble répondre à une partie plus basse, telle que la gorge d'un gobelet de forme conique.

Ces fragments s'écrasent facilement; mais ils se pulvérisent moins bien, en fournissant une poudre gris foncé, insoluble dans l'eau.

Partie principale : chlorure d'argent. La matière est peu homogène.

Éléments trouvés : argent, chlore, sable, or, cuivre, fer, chaux, eau.

Ni arsenic, ni acide carbonique.

Deux échantillons ont été analysés quantitativement; leur composition est voisine sans être identique, à cause de l'altération inégale.

Analyse (premier fragment).

	Sur 100 parties.	
Chlore	16,98	16,72
Or	1,12	
Argent total	65,27	64,14
Cuivre	2,94	
Sable	1,44	
Perte dans un courant d'hydrogène, à chaud		21,08

D'après cette analyse, il restait une certaine dose d'argent excédant celle du chlorure normal AgCl, lequel répondrait aux rapports 64,8 : 21,2.

Ce chlorure résulte de l'action des eaux saumâtres sur l'alliage primitif (ce Volume, p. 47).

La dose de cuivre représenterait à peu près un cinquième du poids de l'argent total, et même un peu davantage; une portion du chlore étant combinée au cuivre. — Mais cet argent doit être considéré non comme libre, mais plutôt comme constituant le sous-chlorure connu Ag^2Cl.

La perte de poids dans le courant d'hydrogène constitue une vérification.

Elle représente le chlore éliminé, l'oxygène (s'il y en avait de combiné au cuivre sous forme d'atakamite) et l'eau signalée dans l'analyse ci-dessous.

On remarquera la dose notable d'or contenu dans l'argent; ce qui indique une fabrication exécutée à une époque où l'on ne savait pas bien séparer l'or de l'argent, c'est-à-dire probablement antérieure au VI^e siècle avant J.-C. (*voir* ce Volume, p. 27 et 46).

Cette dose a été trouvée un peu inférieure dans l'échantillon suivant; probablement à cause de sa désagrégation profonde, causée par le mélange des carbonates de chaux et de cuivre dans la patine.

Analyse (deuxième échantillon).

Chlore	18,85
Argent	63,60
Or	0,34
Cuivre	1,55
Chaux	4,58
Oxyde de fer	0,27
Acide carbonique	5,34
Eau et perte	3,7

Ici encore le chlore est en dose insuffisante pour le chlorure normal AgCl; ce qui accuse soit de l'argent libre, soit plutôt du sous-chlorure Ag^2Cl.

2. Fragment d'un vase ou coffret. Dolmen de 7^m,20. Vadjalik.

Fragments informes de feuillets métalliques cassés. Couleur rouge; métal oxydé à la surface. Épaisseur 0^mm,55 à 0^mm,45, suivant la patine.

La légère courbure d'un fragment est le seul indice d'une forme régulière.

Assez résistant, coupure métallique, forte patine.

Éléments trouvés : cuivre, étain, fer.

Éléments absents : arsenic, plomb, argent, zinc.

Traces de nickel, de silice, de chaux.

Analyse.

Étain	8,45	8,60
Cuivre	89,46	
Fer	0,53	
	98,44	
Divers	1,56	

C'est un bronze à composition normale; mais préparé avec un des minerais ferrugineux, qui ont amené une trace de fer.

3. CUBE MÉTALLIQUE approximatif, ou plutôt cuboïde, dans une gangue blanche, peu épaisse, arêtes émoussées. Les trois dimensions : 25^{mm}; 23^{mm}; 20^{mm}.

Au centre de l'une des six faces, un enfoncement circulaire de 2^{cm} environ de diamètre, comme s'il avait été appuyé sur un support.

Le métal est du plomb pur (industriellement). Destination inconnue.

4. FRAGMENTS DE VASES DE BRONZE ET DE PLAQUES DE BRONZE (Fouilles du temple de In Susinak).

Fragments informes de grande dimension d'une plaque circulaire de 7^{cm} à 8^{cm} de rayon et d'un objet circulaire incurvé en creux, plus épais de 7^{mm} à 8^{mm} au cordon et plus bas de 2^{mm} : objet d'un rayon au moins double du précédent. Patine épaisse. Quelques petits fragments cannelés.

Pulvérisation facile. Matière fortement oxydée.

Éléments trouvés : cuivre, plomb, étain, chlore, eau.

Éléments absents : argent, zinc, arsenic, acide carbonique.

Traces de nickel, de fer et de chaux.

Analyse.

	I.	II.
Étain	19,80	18,97
Cuivre	52,27	51,83
Plomb	7,04	7,37
Chlore	1,39	
Oxyde de fer	0,46	
	79,96	
Oxygène et eau, etc	20,04	
	100,00	

Perte de poids dans un courant d'hydrogène (chlore, oxygène, eau préexistante).	18,55
Eau recueillie dans la réduction	16,87

C'est un bronze riche en étain et contenant du plomb. Les fragments sont trop peu accentués pour permettre de préciser la nature des objets dont ils proviennent.

5. Métal et scories ramassés dans les fouilles de Suse.

α. Fragment métallique et noyau métallique des scories.
Cuivre à peu près pur.

Éléments trouvés : Sn = traces; Pb = traces; Zn = o; Fe = petites quantités; Arsenic = o.

β. On a gratté la surface des scories, on a pulvérisé le produit : pulvérisation assez difficile. Fragments métalliques au sein d'une masse oxydée.

Éléments trouvés : silice, cuivre, fer, nickel, chlore, eau, acide carbonique; traces d'arsenic, de chaux, d'étain, de plomb.
Zinc et cobalt = o; Ag = o.

Analyse de β.

	Pour 100.	
Cuivre	67,79	67,59
Oxyde de nickel	2,30	2,43
Oxyde de fer	2,59	
Chlore	9,36	
Silice	4,21	
	86,25	
Oxygène et divers	13,75	

L'alliage primitif a été attaqué lentement par des eaux saumâtres. Il est remarquable par la proportion de nickel et de fer qu'il renferme.
Le nickel se retrouve d'ailleurs dans plusieurs des échantillons fournis par la fouille de Suse. Il dérive de quelque minerai naturel, associé avec des minerais cuivreux et ferrugineux, tels que sulfures, arsénio-sulfures, ou carbonates. Il y a lieu de rechercher ces minerais dans les montagnes voisines de Suse.

6. Fil de bronze entouré d'une gangue, ayant servi à réunir des perles en bitume (servant de costume à une statue?). Temple de In Susinak.
Diamètre apparent (avec patine) : 1^{mm}.

Éléments trouvés : cuivre, traces de plomb, d'étain et de nickel (?).
Métal cassant, oxydé en partie.

Analyse.

Cuivre pour 100 96,91

Gangue. — *Éléments trouvés :* cuivre, silice, plomb (?), chlore. Petites quantités de fer, de nickel (?).

Éléments absents : argent, zinc, arsenic.

7. Fragment de tombeau et bronze de l'époque achéménide.

Matière verdâtre, peu homogène à la coupe, coupure verte; cassante, mais difficile à pulvériser; elle contient des grains métalliques.

Renferme une matière organique.

Éléments trouvés : carbone, azote, eau, CO^2, chlore, sable, étain, cuivre, fer, plomb, chaux.

Éléments absents : arsenic, argent, zinc.

Traces de magnésie.

Analyse.

Eau	1,66	(1)	
Acide carbonique minéral	6,20	(2)	
Carbone	2,14	(3)	
Hydrogène	0,52	(4)	
Azote	0,25	(5)	
Chlore	3,07	(6)	
Sable	1,13		
Chaux	8,98		8,80
Étain	9,36		
Cuivre	55,85		55,48
Oxyde de fer	2,53		
Plomb	2,32		2,24
	95,09		
Oxygène et divers	4,91		

D'après ces chiffres, la matière examinée était constituée par un bronze formé de :

Cuivre	82,7
Étain	13,9
Plomb	3,4
	100,0

(1) Eau perdue H^2O; en déduire 0,71 CO^2 formé à ce moment.

(2) Déplaçable par l'acide sulfurique étendu.

(3) Dosé par analyse organique en retranchant le carbone de l'acide carbonique préexistant sous forme de carbonate.

(4) Dosé par analyse organique, après dessiccation à 110°.

(5) Procédé Kiejdahl.

(6) Dosé par voie humide sur la matière initiale.

recouvert d'une peinture probablement bitumineuse. Mais ce bronze s'est trouvé en contact avec du sable, du carbonate de chaux et des eaux saumâtres, qui ont formé avec la matière organique et les métaux une patine chlorurée.

8. Calotte de bronze en forme de cloche, formée par un des montants d'un battant de porte, avec inscription au nom du roi Silhak.

Matière partiellement oxydée, très dure et fragile.

Métal rougeâtre, d'une nuance un peu plus claire que le cuivre pur. Patine verdâtre.

Forme générale : moitié d'un ellipsoïde allongé, placé verticalement.

Longueur (hauteur)	$31^{cm},5$
Profondeur	$28^{cm},5$
Poids	$18^{kg},7$
Diamètre extérieur à l'orifice	21^{cm}
Diamètre intérieur à l'orifice, un peu variable suivant les directions	$17^{cm},5$ à 18^{cm}
Diamètre extérieur, à une distance de 6^{cm} à 7^{cm} du fond	18^{cm}
Diamètre à l'orifice : épaisseur peu régulière	15^{mm} à 22^{mm}

A 6^{cm} de distance de l'orifice (comptés sur la génératrice), deux larges trous symétriques, d'un diamètre de 16^{mm}, ayant servi au passage d'une tige horizontale soutenant la cloche.

Préparé par moulage d'un alliage fondu, dans un moule grossier, qui a laissé des traces peu régulières, brunes, formées de lignes concentriques normales à l'axe avec saillies extérieures, mousses et sillons creux, dirigés de l'orifice vers la base de la cloche.

La cloche porte un peu au-dessous de l'orifice une inscription dont la traduction a été donnée plus haut, au-dessus de laquelle existe un petit trou carré.

La base fermée et arrondie porte une empreinte carrée, à peu près régulière, qui paraît répondre au point où l'objet reposait sur son moule.

Éléments trouvés : étain, cuivre.

Éléments absents : plomb, zinc, arsenic.

Analyse.

	Pour 100.	
Étain	11,35	
Cuivre	85,70	85,56
	97,05	
Oxygène et divers	2,95	
	100,00	

II. — Minerais provenant des fouilles de Suse.

1. Prisme de couleur ocreuse, très lourd. Matière facile à pulvériser, à cassure conchoïdale. Soluble, avec faible résidu, dans l'acide nitrique faible.

Éléments trouvés : silice, plomb, chaux, magnésie, fer, eau, acide carbonique, chlore.

Éléments absents : arsenic, alumine, argent, cuivre, étain.

Analyse.

	Pour 100.	
Plomb	74,68	74,29
Silice	2,35	2,67
Oxyde de fer	1,27	0,98
Chaux	2,89	3,12
Chlore	1,96	
CO^2	4,99	
Eau	1,31 (perte à 110°)	
Magnésie	0,51	
	89,96	
Oxygène et divers	10,04	

C'est de la litharge, fondue avec de la craie et un peu de sable.

2. Lingot de fer et outil de fer. — Profondément oxydés.

3. Silicate complexe renfermant du plomb, du cuivre et du fer.

Très lourd, aspect gris et verdâtre sur quelques points. Cassure d'un gris bleu; pulvérisation facile, poudre grise. Se dissout incomplètement dans l'acide nitrique. Fond par la chaleur en une substance bleu foncé à chaud.

Éléments trouvés : plomb, cuivre, silice, chaux, fer, chlore, eau, CO^2.

Éléments absents : arsenic, argent, étain, antimoine, zinc, alumine. Traces de magnésie.

Analyse.

	Pour 100.
Cuivre	7,36
Plomb	55,37
Silice	12,03
Chaux	4,77
CO^2	3,91
Eau	1,51
Oxyde de fer	4,26
Chlore	1,08
	90,29
Oxygène et divers	9,71

Perd à la calcination : 6,80 pour 100.

4. Minerai ou mélange d'origine inconnue. — Cassant, facile à pulvériser, poudre rougeâtre.

Éléments trouvés : silice, étain, cuivre, eau, chaux, fer, chlore.

Éléments absents : plomb, argent, zinc, magnésie, arsenic. Traces de nickel, traces de CO^2. Soufre = 0.

Analyse.

	Pour 100.	
Silice	21,25	
Étain	0,83	
Cuivre	45,98	46,07
Oxyde de fer	15,02	
Chaux	5,14	
Chlore	0,77	
Eau	2,17	
	91,16	
Oxygène et divers	8,84	

En somme : mélange de cuivre un peu altéré, avec de la silice et de l'oxyde de fer.

5. Fragment de vase, époque élamite.

C'est le goulot d'un vase de terre cuite, dont l'ouverture devait avoir un diamètre voisin de 6^{cm}.

Matière cassante, difficile à pulvériser, poudre gris clair.

Éléments trouvés : silice, alumine, fer, chaux, magnésie, eau, CO^2. Traces de sulfates et de phosphates.

Pas de métaux de l'ordre des suivants : argent, plomb, cuivre, arsenic.

III. — Fragments d'outils, provenant de fouilles du temple du dieu In Susinak.

1. Lot comprenant 2 clous de bronze : n° 1, gros clou; n° 2, petit clou.

A. *Gros clou tordu.* — Longueur, $6^{cm},8$. Tête du clou, 20^{mm} à 22^{mm}. Épaisseur, 8^{mm}. Section, 10^{mm} de côté. Angles plus ou moins arrondis. Surface oxydée. Taches vertes d'atakamite; mêlées avec d'autres gris terre et couleur d'oxydule de cuivre. Poids, $38^{g},5$.

Cassure métallique brillante : cuivre.

Examen qualitatif.

Métal. — Trouvé : *cuivre* presque pur; pas d'étain.

Patine. — Peu de Fe, Ca. Sable de la patine : Cl, traces.

Éléments non trouvés : Pb, Ag, Sn, Zn, Hg, As, Sb, P, Ni.

La torsion indique que le métal n'a pas été durci à l'origine.

B. *Petit clou.* — Longueur, 43^{mm}. Il a été cassé à son extrémité. Section à angles arrondis, 6^{mm} de côté vers le bas, 7^{mm} vers le haut. Tête en champignon de 14^{mm} de diamètre, quadrangulaire. La tige est partagée par des rayures longitudinales plus ou moins symétriques. Surface oxydée. Poids, $13^{g},8$.

La cassure indique un métal complètement oxydé.

Examen qualitatif.

Cuivre, métal dominant.

Étain, petite quantité.

Sable, fer, Ca, Cl, très peu.

Non trouvés : Ag, Pb, Zn, Ni (?), As, Sb, P.

Examen quantitatif du noyau oxydé.

Cu	77,2
Sn	16,1
Fe	traces
	93,3
Oxygène, etc	6,7

D'après ces premiers résultats, on voit qu'à côté des objets en cuivre pur (clous, anneaux), on trouve des objets similaires en bronze, avec traces d'étain variables.

4. Pointe de javelot. — Forme conique, avec cavité intérieure de même forme.

Longueur	50mm
Diamètre de la tranche supérieure	13mm
Épaisseur e	3mm,1 à 3mm,8
Poids	16g,5

Surface rugueuse; à la cassure, métal oxydé complètement. Raies claires dans la masse. 3 rainures ou fentes peu symétriques, allant presque jusqu'à l'extrémité.

Patine teinte grise; cassure oxydée terne (friable); oxydule de cuivre.

Examen qualitatif.

Métal dominant : cuivre; petite quantité d'étain.

Sable et oxyde de fer dans la patine.

Éléments non trouvés : Pb, Zn, As, P, Ag, Ni, Sb.

Analyse quantitative du noyau oxydé.

Sn	11,4
Cu	67,3
Fe	traces

L'existence d'une pointe d'arme en bronze dénote une époque ancienne; le fer n'ayant pas tardé à remplacer le cuivre dans la fabrication des armes dans les temps historiques proprement dits.

D'après son aspect, cette pointe semble avoir été fabriquée en tordant violemment une lame métallique de 3mm à 4mm d'épaisseur. La torsion a eu pour effet de développer 3 fissures, de la base au sommet; convergeant vers le même point que la jonction des deux extrémités de la lame tordue.

Cette pointe de javelot n'a donc pas été fabriquée par moulage, mais par la torsion d'une lame de bronze : ce qui représente probablement une grande antiquité.

5. PETITE PELLE A MANCHE PLEIN.

Longueur totale	73mm
Largeur de la base	30mm
Diamètre du manche	8mm
Épaisseur dans la partie dilatée (patine comprise).	2mm à 3mm
Poids	40g,5

Le manche est formé en partie par la lame recourbée sur elle-même, la partie supérieure du manche a une section anguleuse et pleine.

Patine grise; cassure métallique brillante, granuleuse.

Examen qualitatif.

Cuivre, métal dominant; Sn, petite quantité; As, présence certaine.
Sable, Fe dans la patine.

Éléments non trouvés : Ag, Pb, Sb, Zn, P.

Analyse quantitative sur un noyau prélevé.

Cu	98,7
Sn	0,3
Fe	0,2
Ni	0,3

6. Objet semblable à une mèche de villebrequin, armé de deux pointes et se continuant avec une tige, brisée actuellement.

Longueur totale	37mm
Longueur de la tige fine	18mm
Diamètre »	4mm à 5mm
Longueur de la partie renflée portant les deux pointes ou crochets	19mm
Diamètre de la partie renflée	10mm
Poids	8g

Surface de métal oxydé. Patine terreuse. Cassure métallique brillante de cuivre.

Examen qualitatif.

Cu presque pur, pas d'étain.
Traces de Fe, Ca, CO^2, Cl, sable dans la patine.

Éléments non trouvés : Ag, Pb, Sn, As, Sb, Zn, Ni, P.

7. TIGE MÉTALLIQUE, avec effilure sur une région.

Longueur	11^{cm}
Diamètre de la tige (avec patine)	3^{mm},9 à 4^{mm},7
Diamètre du fil	2^{mm}
Poids	9^{g}

Tige présentant une solution de continuité au voisinage d'une extrémité.

Taches vertes d'atakamite. Cl notable.

Surface rugueuse oxydée. Cassure métallique franche de cuivre avec parties oxydées.

Examen qualitatif.

Cu presque pur, pas d'étain.

Fe, Ca, Cl, sable dans la patine.

Éléments non trouvés : Ag, Pb, Sn, Sb, As, Ni, Zn, P.

8. PIED D'OUTIL OU DE STATUETTE.

Diamètre	55^{mm} à 15^{mm}
Hauteur	22^{mm}
Poids	81^{g},5

Surface de métal oxydé, oxydule de cuivre, taches d'atakamite.

Le pied se termine en surface tranchante. Cassure métallique, aspect de cuivre pur.

Examen qualitatif.

Métal dominant : Cu; un peu d'étain.

Fe, Ca, Cl et traces de CO^2 dans la patine.

Éléments non trouvés : Pb, Ag, As, Sb, Zn, P.

Analyse quantitative sur un noyau de la région centrale.

Cu	98,6
Sn	1,0
Fe	0,3
Ni	traces

9. Lame irrégulière.

Épaisseur (avec patine)	$4^{mm},5$ à $5^{mm},5$
Longueur	60^{mm}
Largeur	25^{mm} à 15^{mm}
Poids	$25^{g},5$

Surface oxydée; taches d'atakamite. Oxydule de cuivre.
Cassure de métal oxydé.

Examen qualitatif.

Cu, métal dominant; Sn, un peu.
Fe et sable, Cl dans la patine.

Éléments non trouvés : Ag, Pb, As, Sb, Zn, P.

Examen quantitatif de la région du noyau oxydé.

Cu	74,5
Sn	10,3
Fe	0,15
Ni	traces

10. Fragment oxydé, ayant l'apparence d'une lame.

Hauteur	30^{mm}
Largeur	18^{mm} à 20^{mm}
Épaisseur	5^{mm}
Poids	$18^{g},5$

Couleur grise. Cassure de métal oxydé.

L'attaque par l'acide azotique indique un métal oxydé; car il n'y a pas de vapeurs nitreuses.

Métal dominant presque pur : plomb complètement oxydé.

Traces de Fe et de sable dans la patine. CO^2 notable. Cl traces. Sn très douteux ou traces.

Ni cuivre, ni étain, en particulier.

Éléments non trouvés : Ag, Cu, Sn, As, Sb, Zn, Ni.

Ces différents objets présentent la même diversité que les clous dans les rapports entre le cuivre et l'étain.

QUATRIÈME GROUPE.

OBJETS DE L'ÉPOQUE ROMAINE ET DU MOYEN AGE.

I. — Sur quelques alliages métalliques d'origine gallo-romaine.

Parmi les métaux soumis récemment à mon examen par M. Habert, conservateur au Musée archéologique de Reims, comme trouvés dans ses fouilles à Reims, il en est deux que je crois utile de signaler, en en donnant l'analyse.

1. L'un est une sorte de bouton ovoïde, ou plutôt conoïde, pesant, terminé en pointe mousse d'un côté et, de l'autre, aplati et percé d'un trou; comme s'il avait été fixé à l'origine sur un objet qui a disparu. La hauteur de ce bouton est de 15^{mm} environ, son plus grand diamètre de 12^{mm}. Il est blanc, brillant, à peine terni par son long séjour souterrain. L'analyse a donné, sur 100 parties :

Argent	86,73
Cuivre	11,55
Plomb	1,50
	99,78

2. L'autre est une sorte de macaron métallique, rougeâtre, composé de deux anneaux concentriques, soudés par l'une des circonférences qui les limitent, avec ouverture centrale de 25^{mm} de diamètre. L'anneau supérieur est légèrement concave; ses diamètres sont : 25^{mm} (ouverture) et 44^{mm} (circonférence soudée) : la largeur est dès lors 9^{mm}; l'épaisseur un demi-millimètre environ, abstraction faite de la double patine. L'anneau extérieur et inférieur est, au contraire, convexe, assez fortement cintré par emboutissage; son diamètre inté-

rieur est de 44^{mm}, son diamètre extérieur de 54^{mm} : ce qui donne 5^{mm} pour la projection de cet anneau sur le plan horizontal; la projection verticale étant à peu près égale, son développement serait d'environ 8^{mm}. L'épaisseur (abstraction faite des patines) est de 2^{mm} environ, c'est-à-dire quadruple de celle de l'anneau intérieur.

Le métal des deux anneaux offre les mêmes colorations et les mêmes patines. On a analysé un fragment de l'anneau intérieur, en ayant soin de gratter les patines. On a trouvé, sur 100 parties :

Cuivre	70,05
Plomb	2,10
Zinc	26,05
Étain	1,42
	99,62

Les deux patines, situées aux parties inférieure et supérieure de cet objet, ont des aspects et compositions différents; tout en étant exactement les mêmes pour les deux anneaux. La patine inférieure est blanchâtre, vert-de-grisée, grenue, formée de carbonates de cuivre, zinc, plomb, chaux, avec atakamite (oxychlorure). La patine supérieure est luisante et comme vernie, noirâtre, constituée surtout par du protoxyde de cuivre, mêlé avec un sel verdâtre et une matière organique. Elle semble dériver d'un enduit appliqué, lors de la fabrication de l'objet, à sa surface; de façon à lui communiquer une teinte bronzée, jugée plus artistique. Ce macaron, suivant toute vraisemblance, n'a jamais servi à sertir un miroir, comme l'hypothèse en avait été faite. C'était l'ornement ou l'accessoire d'un objet en bois, cuir, ou métal, qui a disparu.

Je n'ai pas parlé jusqu'ici d'un caractère remarquable qu'il présente. En effet, si l'on enlève les patines, à l'aide d'un outil, sur l'un ou l'autre des anneaux, à leurs surfaces supérieure et inférieure aussi bien qu'à leur tranche, le métal rouge apparaît avec des parties jaunes et éclatantes : ce qui a fait penser à quelques personnes que cet objet avait dû être réellement doré à l'origine. En réalité, il n'en est rien. L'objet est constitué par du cuivre, allié de zinc, plomb, étain, et c'est le corps de l'alliage qui possède la couleur jaune dorée d'un laiton. Mais il a subi, sous l'influence de l'air humide, dans la terre, une oxydation lente; le protoxyde de cuivre résultant a recouvert toute la surface originelle, en demeurant au-dessous des patines.

Quand on enlève avec précaution ces patines, le protoxyde de cuivre apparaît; c'est seulement en le grattant avec un outil de fer que l'alliage primitif devient manifeste. De là l'apparence pseudo-dichroïque du métal et deux illusions possibles :

L'une consisterait à regarder l'objet comme formé par du cuivre pur ou presque pur, d'après son apparence actuelle;

L'autre, à envisager les traces du frottement comme le reste d'une dorure antique.

Il n'est peut-être pas inutile de signaler la possibilité de semblables erreurs aux archéologues.

II. — Sur certains alliages métalliques connus au moyen âge.

Les alchimistes étaient sans cesse préoccupés de l'idée de modifier les propriétés des métaux, afin d'établir entre eux des transitions et de les transmuter les uns dans les autres : ils posaient le problème à peu près dans les mêmes termes que les naturalistes qui cherchent aujourd'hui à changer les espèces par voie de métissage et d'hybridation. C'est ainsi qu'ils ont été conduits à approfondir l'étude des divers bronzes, à découvrir le laiton, forme sous laquelle le zinc, non isolé jusqu'aux temps modernes, a fait son apparition dans le monde. Mais ils connaissaient toutes sortes d'alliages, oubliés aujourd'hui, et qui seraient peut-être susceptibles de trouver encore quelque application.

Ces alliages, fabriqués avec le concours de l'arsenic et de l'antimoine, méritent, sous ce rapport, une attention particulière. Quelques-uns paraissent encore être utilisés dans les soudures des orfèvres. Ils rappellent à certains égards les bronzes phosphoreux de notre temps.

On lit, par exemple, dans un Traité d'Alchimie arabe, écrit en caractères syriaques et datant du temps des croisades (1) :

« Projette sur le cuivre rouge de l'antimoine (sulfuré) brûlé dans de l'huile d'olive (2) et il deviendra d'un jaune durable, à l'intérieur et à l'extérieur, résistant à la pierre de touche. »

C'était l'un des procédés pour fabriquer le prétendu or alchimique; et il existe d'autres formules analogues. Or, dans l'année 1891, un inventeur (3) a pris un brevet pour fabriquer un alliage de cuivre et d'antimoine renfermant six centièmes du dernier métal et qui offre la plupart des propriétés apparentes de l'or. Au point de vue physique, il serait difficile de distinguer de tels alliages autrement que par des mesures de densité, peu usitées autrefois. Mais ils n'ont jamais résisté à des épreuves chimiques méthodiques.

---

(1) *La Chimie au moyen âge*, t. II. *Alchimie syriaque*, n° 42, 1893, p. 155.

(2) C'est-à-dire réduit à l'état métallique par le concours successif du grillage et d'un agent réducteur.

(3) *Voir* DINGLER, *Polyt. Journ.*, p. 119.

« J'ai fait éprouver l'or alchimique; après six ou sept feux, il est brûlé et réduit à l'état de cendres », disait Albert le Grand au XIII^e^ siècle.

L'alliage du fer avec le cuivre, sidéro-chalque des alchimistes grecs, préoccupait beaucoup les opérateurs. On sait que les deux métaux purs ne s'allient guère directement. Cependant on y arrivait par des tours de main, tenus secrets chez les auteurs grecs, mais que j'ai trouvés décrits dans le *Livre des Prêtres, Liber sacerdotum.* Quelques mots d'abord sur cet Ouvrage : il remonte à de très vieilles traditions dont il conserve les débris, modifiés et augmentés par les recettes de ses copistes successifs. Il a eu probablement pour source originelle le « Livre tiré du Sanctuaire du Temple » (1). Sa rédaction actuelle remonte au XIII^e^ siècle. C'est un Ouvrage technique, rempli de formules relatives au traitement des métaux, à la préparation des matières colorantes, cinabre, minium, céruse; à la soudure, à la dorure, à la peinture sur verre et sur émail; aux alliages et colorations des métaux. Il n'avait jamais été publié. C'est pourquoi j'ai cru utile d'en donner le texte, d'après le manuscrit latin 6514 de la Bibliothèque nationale, dans mon Ouvrage *La Chimie au moyen âge.* — Tome I^er^; *Essai sur la transmission de la science antique au moyen âge,* p. 180 à 228.

Voici la traduction du passage relatif à l'alliage du fer avec le cuivre (p. 198, n° 54) :

« *Secret relatif à une préparation de fer.* — Mélangez de la limaille de fer avec le quart de son poids d'orpiment rouge (réalgar) : comprimez ce mélange dans un linge, lutez tout autour et placez-le pendant une nuit entière dans un fourneau chauffé. Au matin retirez-le, vous le trouverez réduit en une masse d'apparence ferrugineuse. Faites épaissir avec de l'huile et du natron et placez dans un vase à fusion (creuset), avec un poids égal de cuivre. La puissance du feu produit la combinaison et l'on bat le métal au marteau, après refroidissement.

» *Autre recette.* — Mêlez à parties égales de la limaille de fer et de la limaille de cuivre rouge. Une fois le feu allumé, employez l'orpiment rouge pour brûler le tout; battez et gardez. Si vous mettez dessus (le mélange primitif) un quart d'étain, en faisant agir un feu plus fort, puis si vous ajoutez l'orpiment rouge, vous obtiendrez un produit qui l'emporte sur les autres.

» *Préparation d'étain.* — Étain avec addition d'un quart de limaille de fer indien; soufflez pour produire l'alliage et brûlez avec l'orpiment. »

Dans une préparation analogue, interviennent le plomb, la limaille de fer indien et l'orpiment rouge, etc.

La matière indiquée ici sous le nom de *fer indien* paraît être l'acier : elle figure aussi chez les alchimistes grecs (traduction, p. 332) comme éminemment

(1) *Collection des Alchimistes grecs,* traduction, p. 334.

propre à la fabrication des épées. Or, d'après deux textes de l'*Alchimie syriaque*, textes traduits du grec d'ailleurs (1), la fusion de ce fer était rendue plus facile à l'aide d'une addition de soufre et d'arsenic (sulfuré). On voit, par les textes ci-dessus, que ces mêmes sulfures d'arsenic étaient employés pour déterminer l'alliage du fer avec les autres métaux, cuivre, étain, plomb.

III. — Sur les miroirs de verre doublés de métal dans l'antiquité.

On sait que les miroirs sont aujourd'hui fabriqués avec du verre doublé de métal, étain amalgamé, ou argent; mais cette fabrication réclame le concours d'une industrie perfectionnée. Aussi les miroirs antiques, parvenus jusqu'à nous et qui figurent dans les musées et collections, sont-ils construits, généralement, en métal et surtout en bronze. Cette circonstance donne de l'intérêt aux faits et aux analyses que je vais exposer.

M. Th. Habert, conservateur du Musée archéologique de Reims, a déposé le 18 septembre, à mon laboratoire du Collège de France, deux petits miroirs en verre mince, enduits d'une matière inconnue, et trouvés dans les fouilles pratiquées aux lieux dits : la Fosse-Piere la Longe et la Maladrerie (nécropoles gallo-romaines des III^e^ et IV^e^ siècles de notre ère). Il y a joint les débris de deux autres, de la même époque, découverts également sur le territoire de Reims, à la Croix-Saint-Marc, dans les premiers jours du mois. Ces objets ont été trouvés dans des sépultures de femmes, ou plutôt de petites filles, à en juger par la présence simultanée de jouets, bagues et anneaux.

Le miroir trouvé à la Fosse-Piere la Longe (11 janvier 1896), était accompagné entre autres par deux petits bronzes de *Trajanus Decius*.

Voici les résultats de mon examen :

N° 1. *Miroir de verre.* — Il est complet, constitué par un morceau de verre à base de soude, bombé à la façon d'un verre de montre, épais d'un demi-millimètre environ (épaisseur un peu variable), de forme arrondie, le diamètre moyen étant de 50^mm^. Le cercle est un peu irrégulier, à limites polygonales, et comme mâché par endroits; le verre paraissant avoir été découpé avec un instrument tranchant, tel que des ciseaux, plutôt que fendu à l'aide d'une pierre dure. Ce travail n'est pas récent, car la tranche est recouverte par places d'une incrustation de carbonate de chaux, déposée lentement par l'action des eaux

(1) *La Chimie au moyen âge*, t. II, p. 41, 91.

souterraines. La surface convexe de l'objet est brillante et lisse; elle représente une calotte sphérique, répondant à une sphère de 200^{mm} de diamètre environ, autant qu'on peut l'évaluer.

D'après son aspect, très différent de celui d'un objet moulé, et d'après son épaisseur, ce miroir a dû être préparé par insufflation, c'est-à-dire détaché d'un ballon de verre, soufflé suivant un procédé usité depuis les temps de la vieille Égypte. Cet objet forme, d'ailleurs, un tout complet en soi et non brisé. Il était encastré dans un support de métal ou de bois qui a disparu. Ses dimensions répondent à la petitesse de certains miroirs antiques.

L'instrument est rendu opaque, en raison de l'existence sur la surface concave d'un enduit, lequel, regardé du côté convexe, à travers le verre, offre l'apparence d'un métal en partie oxydé et d'aspect brun rougeâtre, se détachant sur un fond blanc.

La surface concave, vue du côté libre, c'est-à-dire en contact avec l'air, est uniformément blanche jusqu'aux bords; en raison de l'existence d'une substance blanchâtre, qui recouvre complètement l'enduit métallique.

J'ai détaché, sur un quart de cette surface, à l'aide d'un canif, la substance blanchâtre et l'enduit métallique, en les isolant autant que possible l'un de l'autre. L'enduit est plus adhérent et demeure par places fixé sur le verre, dont il ne peut être séparé entièrement qu'au moyen de l'acide azotique.

La matière ainsi isolée a été soumise, par parties, à l'action de la chaleur, à celle des acides acétique et azotique, etc.

J'ai constaté ainsi que :

1° L'enduit métallique est constitué par du plomb, en grande partie oxydé. Il n'y a ni or, ni argent, ni cuivre, ni étain, ni antimoine, ni mercure, ni matière organique : cette dernière circonstance exclut l'emploi d'un encollage, tel que celui employé pour faire adhérer les feuilles métalliques.

Ce plomb, au moment de son application probablement, a attaqué le verre, qui demeure dépoli et irisé, lorsqu'on a enlevé complètement le métal au moyen de l'acide azotique : ce que j'ai vérifié sur un fragment d'un autre échantillon. Si j'insiste sur ces détails, c'est en raison des renseignements qu'ils fournissent sur le mode de fixation du métal à la surface du verre.

La substance blanchâtre, beaucoup plus abondante, qui recouvre le plomb, est constituée par un mélange de différents composés, savoir : du carbonate de plomb, de la litharge en proportion considérable et surtout du carbonate de chaux, avec une trace de chlorure et une quantité d'oxyde de fer excessivement faible, mais sans sulfates sensibles. La litharge et le carbonate de plomb résultent de l'oxydation du plomb, accomplie en partie au moment de la fabrication du miroir, en partie pendant sa conservation. Le carbonate de chaux a été déposé dans le cours des temps, par la réaction des eaux calcaires de la

région sur les objets contenus dans les tombeaux. Quelque portion s'en est même, comme je l'ai dit plus haut, formée sur la tranche du miroir.

D'après ces résultats, le mode de fabrication du miroir est facile à expliquer. On appliqua le métal, en versant une couche mince de plomb fondu dans la concavité du verre, probablement échauffé à l'avance. Tel est d'ailleurs le procédé indiqué comme suivi encore au XIII^e^ siècle, d'après Vincent de Beauvais, ainsi que je le dirai tout à l'heure. Cette application a pu se faire sur la calotte sphérique déjà isolée; ou bien dans l'intérieur même du ballon primitif soufflé: ce qui serait peut-être plus prompt et plus régulier. On y aurait alors découpé le miroir, après refroidissement. En tout cas, la pose de couches de plomb aussi minces devait être accompagnée d'une oxydation considérable, comme le savent les chimistes qui ont fondu du plomb.

L'objet que je viens de décrire était-il usité comme instrument de toilette, ou bien annexé en bossette, comme ornement brillant, à quelque meuble ou coffret? Un tel usage est fort répandu, même aujourd'hui, surtout en Orient: c'est un point qui resterait à éclaircir. Toutefois, on n'a pas retrouvé de débris de coffret au voisinage. En tout cas, un miroir convexe de si petites dimensions ne devait pas être d'un usage bien commode pour la toilette. Mais je laisse ce point aux archéologues.

J'ai décrit d'abord le miroir précédent comme le plus complet. J'ai également soumis les autres morceaux de verre à un examen semblable.

N° 2. *Miroir de verre.* — Ce miroir est convexe, sensiblement plus mince que le précédent et plus petit, car son diamètre atteint seulement 3^cm^; sa courbure est différente et un peu plus prononcée; il est également complet et découpé en forme d'octogone à peu près régulier. Son examen et l'analyse de son enduit métallique reproduisent les mêmes circonstances que celles du précédent, et la même composition chimique; à cela près que l'enduit a disparu cette fois, çà et là, sur la moitié de la surface environ, n'ayant pas été préservé par un dépôt abondant de carbonate de chaux. Celui-ci existe à peine à l'état de trace, la surface libre étant formée surtout par de la litharge. Il semble que ce miroir ait été conservé dans une cavité, où n'auraient pas pénétré aussi abondamment les infiltrations souterraines, qui ont produit les incrustations calcaires du n° 1. Cependant on trouve encore quelque trace de ces dernières jusque sur la tranche.

Je remarquai que la petite dimension du n° 2 le rendait encore moins propre que le n° 1 aux usages de toilette. Peut-être était-il également encastré en bossette, comme objet brillant, dans quelque objet mobilier.

N° 3. C'est un fragment convexe, brisé et irrégulier, de 5^cm^ de côté sur 3^cm^ environ. L'épaisseur et l'enduit sont analogues à celui du n° 2. La courbure

est aussi différente du n° 1; le revêtement métallique est également constitué par du plomb, en grande partie oxydé, avec un peu de carbonate de chaux, etc.

N° 4. Fragment brisé beaucoup plus petit, à enduit analogue. L'épaisseur et la courbure sont identiques à celles du n° 3, comme je l'ai constaté en les superposant.

En somme, ces quatre miroirs ou fragments offrent entre eux une grande similitude. Cependant le verre du n° 1 est plus blanc que les autres. Les épaisseurs et les courbures dans les quatre ne coïncident pas exactement, ce qui s'explique par le procédé de fabrication.

Depuis, M. Habert m'a écrit avoir trouvé à la Croix-Saint-Marc un miroir de verre d'un diamètre de 72^{mm}.

M. Habert m'a adressé en même temps quelques autres fragments de verre de flacons de toilette (moulés), provenant des mêmes fouilles, sous les titres suivants :

N° 5. Verre irisé : en apparence doré.

N° 6. Verre irisé : en apparence argenté.

Ce sont des fragments de verre, dont quelques-uns réduits en feuillets excessivement minces. Les physiciens savent que, dans ces conditions, le verre acquiert toutes sortes de colorations, déterminées par la minceur des lamelles. En fait, les feuillets des objets que j'ai examinés, malgré leur éclat doré ou argenté très vif et parfois uniforme, ne renfermaient aucune trace d'or ou d'argent. Il y a là une cause d'erreur, contre laquelle les archéologues doivent se tenir en garde. On y serait surtout exposé dans l'examen d'objets tels que le suivant.

N° 7. Fragments opaques, blancs, semblables à de la porcelaine, ou à de la faïence. L'un d'eux formait le bord d'un vase; il porte une série de fines lignes, parallèles, dorées.

Or l'examen chimique a montré que ces fragments sont en réalité du verre altéré et recouvert par une sorte de vernis brillant, excessivement mince, de carbonate de chaux. C'est la minceur de cette couche qui produit la teinte dorée, sans qu'il y ait la moindre trace d'or véritable. Après avoir subi l'action d'un acide, le verre sous-jacent reparaît avec sa transparence.

J'ajouterai, pour compléter les résultats de l'examen des échantillons envoyés par M. Habert, qu'on y rencontre des fragments de calcaire crayeux naturel, très abondant, dont la présence explique l'action incrustante des eaux.

Ces faits, constatés par l'analyse chimique, établissent l'existence de miroirs

de verre doublés de métal dans l'antiquité. Comme la constatation est intéressante pour l'histoire des arts industriels, je me suis préoccupé de rechercher les textes anciens et les résultats déjà connus à cet égard.

Pline parle surtout des miroirs de métal de bronze et d'argent : il signale notamment les miroirs fabriqués à Brundusium, avec un alliage d'étain, et dans lesquels j'ai retrouvé, d'après plusieurs manuscrits anciens, grecs et latins (1), l'origine même du nom de *bronze*, si longtemps incertaine. Ces miroirs métalliques existent dans nos musées : entre autres j'en ai analysé un d'Égypte, envoyé par Mariette et datant du XVII^e^ ou XVIII^e^ siècle avant notre ère (2).

Pline signale également les miroirs de verre inventés à Sidon et spécialement certains miroirs noirs (d'obsidienne), mais sans dire un mot de leur revêtement métallique.

Le seul texte antique qui soit connu à cet égard est une phrase (3) des *Problemata* (I, 132) d'Alexandre d'Aphrodisias (III^e^ siècle après J.-C., commentateur d'Aristote), ou plutôt d'Alexandre de Tralles (VI^e^ siècle) : Διὰ τὶ τὰ ὑέλινα κάτοπτρα λάμπουσιν ἄγαν; ὅτι ἔνδοθεν αὐτὰ κρίουσι κασσιτέρῳ. « Pourquoi les miroirs de verre ont-ils un si vif éclat? Parce qu'on les revêt intérieurement d'étain. » J'ai trouvé ce texte cité dans Beckmann (*Geschichte der Erfindungen*, t. III, p. 501 et suivantes, 1792). M. Salomon Reinach a eu l'obligeance de me l'indiquer depuis, d'après l'Ouvrage de Blummer (*Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste in Alterthum*, t. IV; 1884), lequel est moins complet. Il m'a signalé aussi un fragment de miroir doublé d'une feuille d'or, trouvé au camp romain de Saalbourg; et un passage des *Bonner Jahrbücher*, t. LXXV, p. 156, où il est en outre question de miroirs dorés analogues, trouvés à Rastibonne. J'ajouterai que, d'après un renseignement qui m'est parvenu récemment d'une autre origine, on aurait trouvé, en 1867, un miroir de verre doublé de plomb, dans une tombe gallo-romaine de la nécropole de Mesnil-sous-Lillebonne.

L'usage des feuilles de métal, or, argent, cuivre, fer, étain (4), était courant dans les arts chimiques et dans l'orfèvrerie des anciens et du moyen âge; la fabrication des feuilles d'or et d'argent a été souvent décrite (5). On appliquait ces feuilles par encollage sur verre, entre autres. Les artistes ont dû s'apercevoir bien vite que les images étaient réfléchies par des objets ainsi doublés. Il existe

---

(1) *Introduction à la Chimie des anciens*, p. 278, et surtout *la Chimie au moyen âge*, t. I^er^, p. 357.

(2) *Introduction à la Chimie des anciens*, p. 301.

(3) IDELER, *Physici et medici minores*, t. I^er^, p. 45.

(4) *Voir* la liste des signes alchimiques dans mon *Introduction à la Chimie des anciens*, p. 104 et suiv.

(5) *Collection des anciens alchimistes grecs*, traduction, p. 363.

aussi des objets de verre antique où une feuille d'or a été comprise entre deux épaisseurs de verre. Le texte des *Problemata* atteste l'emploi des feuilles d'étain pour doubler les miroirs de verre, au temps de l'Empire romain. Mais il est difficile d'obtenir ainsi des surfaces réfléchissantes parfaitement régulières.

De là l'usage du plomb fondu, qui s'étalait uniformément sur le verre, usage attesté par le présent examen des petits miroirs de Reims. Au XIII^e^ siècle de notre ère, son emploi est décrit expressément par Vincent de Beauvais (*Speculum naturale*, II, 78) : *Specula vitrea plumbo subducta.* Cet auteur indique comment on versait le plomb fondu sur le verre chaud. Roger Bacon parle également de miroirs de ce genre, et le faux Raymond Lulle aussi.

On sait qu'à cette époque du moyen âge eut lieu une première renaissance, en tout ordre, et spécialement dans les arts industriels. Cette renaissance procédait des traditions antiques, conservées par les pratiques des ateliers, ainsi que je l'ai établi dans mon Ouvrage sur l'histoire de *la Chimie au moyen âge* (t. I, *Transmission de la Science antique*). On en rencontre ici une nouvelle preuve, l'origine traditionnelle des recettes de Vincent de Beauvais, dans la question actuelle, établie par les présentes analyses.

Plus tard, à Murano, ce semble, vers la fin du XV^e^ siècle, pour éviter la fracture des objets brusquement chauffés, on remplaça le plomb fondu, — qui exigeait l'emploi de la chaleur et dès lors celui de verres minces, et qui fournissait d'ailleurs un métal sombre, — par l'emploi de l'étain amalgamé, plus blanc et plus brillant, liquide dès la température ordinaire et susceptible dès lors d'être appliqué à froid sur des surfaces planes et épaisses : ce fut l'origine des célèbres glaces de Venise. Cet emploi est décrit par Porta (*Magia naturalis*) et par divers auteurs du XVI^e^ siècle. De nos jours, un nouveau progrès a remplacé l'étain amalgamé par l'argent précipité chimiquement et dont la mise en œuvre est à la fois plus économique et plus conforme aux règles de l'hygiène. Si je donne ces détails, nouveaux ou peu connus, c'est qu'il est toujours intéressant de remonter à l'origine et au développement successif des inventions.

IV. — Nouvelles recherches sur les miroirs de verre doublé de métal dans l'antiquité.

Voici de nouvelles recherches sur les miroirs de verre doublé de métal, usités à l'époque romaine, miroirs dont l'existence était indiquée par quelques

textes antiques; mais la connaissance exacte n'avait pu en être acquise sur les objets eux-mêmes. Ce sont ces objets que j'ai eus entre les mains, provenant de diverses origines.

Déjà j'avais examiné l'an dernier de petits miroirs de verre doublé de métal, trouvés dans des sépultures gallo-romaines (III^e^ et IV^e^ siècles) et qui m'avaient été remis par M. Th. Habert, conservateur du Musée archéologique de Reims.

J'ai constaté que le métal était du plomb et j'ai décrit la figure et le mode de fabrication des miroirs : j'ai montré que le verre avait été découpé avec un instrument tranchant dans un ballon soufflé, et le métal fondu, versé dans la concavité de minces capsules sphériques, en forme de verre de montre, obtenues par ce procédé. La garniture dans laquelle le miroir était serti autrefois avait disparu.

Dans ces derniers temps, trois miroirs analogues, provenant de localités différentes et fort éloignées les unes des autres, savoir la Thrace romaine et l'Égypte byzantine, ont été soumis à mon examen. Je dois remercier d'abord les savants qui ont bien voulu me confier ces précieux restes de l'antiquité : M. Guimet, fondateur du Musée si important qui porte son nom, et M. Dobrusky, directeur du Musée de Sofia (1). Ces miroirs offrent d'autant plus d'intérêt qu'ils sont sertis dans leur garniture, ce qui en définit plus complètement les conditions de fabrication et d'usage.

I. — Miroir du musée de Sofia (2).

En 1885, sur les bords de l'Hèbre, près du village bulgare de Saladinovo, à une dizaine de kilomètres de la ville de Tatar-Bazardjick, on a découvert les restes d'un Nymphéon, temple rustique, dédié aux Nymphes Naïades du lieu par les Thraces, et en vogue au II^e^ et III^e^ siècles de notre ère. Entre autres objets, furent trouvés treize petits miroirs ronds de verre, montés sur un pied, enchâssés dans un cadre métallique. On y rencontra également des monnaies grecques, du temps de la dynastie des Sévères. C'est un de ces miroirs que M. Dobrusky a eu l'obligeance de m'adresser.

---

(1) M. Perdrizet, de l'École d'Athènes, m'en avait signalé l'existence.

(2) Les détails de la trouvaille ont été donnés par M. Dobrusky dans le *Bulletin de Correspondance hellénique*, t. XXI, p. 118; 1897.

En voici la figure :

Fig. 4.

Endroit du miroir.

Le diamètre total de l'objet, miroir et garniture métallique compris, est de 47^{mm}. Le tout est rond, avec trace d'un manche inférieur, rompu, dirigé suivant

Fig. 5.

Envers du miroir.

un rayon. Le miroir convexe de verre, d'un diamètre apparent de 25^{mm}, occupe le centre, sous la forme d'une calotte sphérique.

Garniture métallique : Endroit. — Le miroir de verre est encastré sous une couronne métallique plate, large de 11^{mm}, épaisse de 1^{mm} environ, limitée elle-même, en dehors et en dedans, par deux doubles lignes circulaires tracées dans le métal même. Entre ces deux lignes, un espace annulaire de 5^{mm}, dans lequel court une courbe sinusoïdale, formant guirlande festonnée.

Envers. — A l'envers, la couronne métallique n'offre aucun dessin, si ce n'est un cordon circulaire intérieur. Mais le miroir central est caché et maintenu par une plaque métallique circulaire indépendante (diamètre, 27^{mm}; épaisseur, 2^{mm}), sur laquelle on lit l'inscription suivante :

AXH
IƎCIP
IM

c'est-à-dire

ἡ χάρις εἰμί = je suis la grâce.

D'après mes analyses, toute cette garniture est formée par du plomb métallique, industriellement pur, revêtu d'une couche épaisse et blanchâtre d'oxyde carbonaté.

Les divers lignes, dessins et impressions de la garniture métallique paraissent avoir été exécutés, non par moulage, mais par estampage, au moyen d'un modèle plus dur ou d'un instrument; la minceur et la mollesse du plomb mis en œuvre s'accordent avec ce genre de fabrication.

Miroir de verre. — Venons au miroir de verre. Sa surface visible est convexe et circulaire; lorsqu'on détache la plaque métallique formant revers, on reconnaît que le verre a été découpé avec un outil, suivant la forme d'un polygone octogonal irrégulier, à bords mâchés par place et non fendus, précisément comme les miroirs de Reims. Son épaisseur, variable d'ailleurs, est voisine d'un quart de millimètre. L'enduit intérieur de métal oxydé qui le recouvre se détache en écailles, laissant la surface vitreuse attaquée et irisée.

Cet enduit même, épais d'un dixième de millimètre (ou un peu plus), a été formé à l'origine par du plomb fondu, dont l'éclat subsiste par places; mais il est aujourd'hui changé presque entièrement en oxyde jaunâtre, irisé, en partie carbonaté, produit sous l'influence du temps, de l'air et de l'humidité. En raison de cette altération, le miroir a cessé de donner des images régulières.

Il ne saurait d'ailleurs s'agir ici ni d'amalgame, ni d'étamage, comme on l'avait cru d'abord; car la matière ne contient aucune trace de mercure, ni d'argent, ni d'étain en dose sensible. C'était à l'origine du plomb, industriellement pur, qui a été coulé dans la capsule vitreuse, en couche mince formant enduit et constituant le miroir.

L'opération est facile à reproduire, comme je m'en suis assuré avec un ballon de verre mince, de rayon semblable. On y place quelques fragments de plomb, que l'on fond en chauffant avec précaution le fond du ballon, et l'on étend le métal fondu en couche aussi mince que possible sur la surface du verre, en inclinant celui-ci dans diverses directions successives.

On peut aussi fondre le plomb dans une capsule de porcelaine, et le verser dans l'intérieur du ballon légèrement chauffé, puis l'étaler par une agitation convenable. Il convient de nettoyer avec soin le verre et de le dessécher, avant d'y couler le plomb.

Cela fait, on perce le fond du ballon sur un point avec une pointe de ciseaux, on en détache le col et l'on découpe dans le fond une ou plusieurs capsules de verre, dont la concavité demeure revêtue de plomb fondu; la surface convexe fait miroir et réfléchit les images avec une grande netteté.

En somme, nous possédons un petit miroir de verre doublé de métal, déposé au Nymphéon comme objet votif. Il était susceptible d'être tenu à la main, ou pendu à la ceinture : miroir d'enfant ou de femme, ou bien ornement d'appartement. Par sa forme et ses dimensions, il se rapproche beaucoup de certains petits miroirs que l'on vend aujourd'hui à Florence; sauf cette circonstance que les miroirs modernes sont plans, plus épais et plus brillants, entourés de bronze au lieu de plomb.

Je crois utile de dire ici quelques mots d'un objet de plomb trouvé par M. Habert, dans ses fouilles de Reims, et qu'il m'a soumis, dans la pensée que c'était peut-être la garniture d'un miroir. C'est un anneau aplati, légèrement elliptique, dont les deux diamètres extérieurs sont 55^{mm} et 53^{mm}, les deux diamètres de l'ouverture intérieure, 38^{mm} et $35^{mm},5$; par conséquent, la largeur du métal de l'anneau est de 9^{mm}; son épaisseur, de 1^{mm} environ. A la surface, entre deux circonférences légèrement saillantes, il existe un dessin estampé, formé par une série de lignes droites inclinées sur la direction du diamètre et se rencontrant deux à deux, de façon à constituer une série de doubles V ouverts alternativement en dehors et en dedans, avec une ligne droite au milieu, dirigée vers le centre :

Le métal est du plomb industriellement pur, avec patine de carbonate. Cet anneau aplati ne présente au revers ni queue, ni griffe, ni trace d'attache quelconque, ayant pu servir à fixer soit un miroir de verre, soit une plaque de plomb, placée derrière ce miroir, comme dans les autres objets décrits dans le présent Mémoire. Il est dès lors difficile de croire qu'il ait appartenu à un miroir.

II. — Premier miroir d'Antinoé, a garniture de platre.

Le musée Guimet a effectué pendant les années 1896-1898, dans les ruines de la ville égyptienne d'Antinoé, des fouilles qni ont amené, entre autres résul-

tats, la découverte de quatre nécropoles d'époque différente, et spécialement romaine, byzantine et copte. Parmi les nombreux objets trouvés dans les sépultures, on a signalé plusieurs miroirs de verre doublé de métal, appartenant à deux types différents. Ce sont deux de ces miroirs que M. Guimet a soumis à mes analyses : l'un grossier et serti dans un grand cadre de plâtre; l'autre plus délicat, à garniture métallique. Ils ne sont ni étamés, ni amalgamés, contrairement aux apparences, et ils ne renferment ni mercure, ni argent, ni étain : le plomb (industriel) seul est entré dans leur fabrication.

Je parlerai d'abord du premier, dont il existe deux exemplaires dans les vitrines du Musée. Ils ne possèdent d'ailleurs aucune garniture métallique.

Garniture de plâtre. — Le cadre de plâtre est constitué par un pentagone, formé d'une base de 90^{mm}, de deux côtés à peu près verticaux de 80^{mm}, le tout surmonté par deux côtés de 70^{mm}, qui se rejoignent à angle aigu, de façon à constituer un fronton triangulaire. La hauteur maxima, du sommet anguleux à la base, est de 140^{mm} : l'épaisseur moyenne du cadre, 8^{mm}. Ce cadre a été teint autrefois d'une couleur rougeâtre; sur le pourtour de la face principale règne une large rainure, noircie par une matière organique.

Au centre de la partie quadrangulaire, l'artisan antique a pratiqué une excavation grossière, de forme arrondie, ou plutôt elliptique, d'un diamètre voisin

Fig. 6.

de 50^{mm}; là se trouve logé, à même sur le plâtre, un miroir de verre convexe, grossièrement découpé. Autour de cette excavation, aux quatre coins et au-dessus, on a pratiqué dans le plâtre cinq cavités plus étroites, où ont été logés des fragments de verre irréguliers, beaucoup plus petits, provenant du même ballon dans lequel a été taillé le miroir principal. Un de ces fragments est carré, quatre sont triangulaires; le plus grand se trouve dans l'espace triangulaire supérieur. J'ai détaché moi-même ces morceaux de verre brisés, qui avaient été fixés directement sur le plâtre par un encollage fait avec une matière organique. En outre, le cadre porte cinq marques creuses, arrondies, distribuées autour du miroir et noircies au fond. Au-dessous de la pointe du triangle

supérieur, il existe un trou, percé de part en part, comme pour servir à suspendre le miroir.

Quant au miroir de verre, il porte encore quelques traces métalliques, que j'ai pu même aviver par un traitement acide ménagé. On retrouve ainsi un métal net, que la pointe d'un canif a quelque peine à détacher du verre. Ce métal est constitué par du plomb, sans mercure, ni cuivre, ni argent, ni étain, ni antimoine.

Il est assurément étrange de voir un miroir de verre aussi grossier, entouré de fragments irréguliers du ballon soufflé qui a servi à le fabriquer, en guise d'ornements, tels qu'aurait pu les disposer un enfant; le tout enchâssé dans un grand cadre de plâtre suspendu.

Était-ce là réellement un objet de toilette, ou bien une amulette domestique? C'est ce que nul indice ne permet de décider.

III. — Autre miroir d'Antinoé a garniture métallique.

Ce miroir a été trouvé dans une tombe byzantine, entre les mains d'une fillette. Il est assez élégant et comparable à celui de Sofia, quoique construit un peu différemment. C'est également un miroir de verre, convexe, doublé de métal, serti dans une garniture métallique, non pourvu d'une queue destinée à le tenir à la main, mais muni, à la partie supérieure, d'une bague ou anneau de suspension métallique. Ce miroir est beaucoup plus brillant que les précédents; la surface métallique ayant conservé une grande partie de son éclat, et fournissant encore des images aussi nettes qu'un miroir d'aujourd'hui, bien qu'enlevée par places. Voici la figure du miroir, vu de face (page suivante).

Le diamètre du cercle de verre apparent est de 33^{mm}, c'est-à-dire supérieur d'un tiers à celui de Sofia; mais la couronne métallique qui l'entoure est plus étroite, et large seulement de 5^{mm} à 6^{mm}, épaisse de $1^{mm},5$ environ. Elle est limitée de part et d'autre par deux circonférences métalliques de points saillants, que sépare une rainure, profonde de $1^{mm},5$ environ.

Autour de cette couronne règne une série de quatorze petites roses saillantes, également métalliques, d'un diamètre égal à 5^{mm}, rattachées chacune par un point seulement à la couronne. Par suite, le diamètre central du miroir, mesuré horizontalement, monte à 54^{mm}; mais il est plus compliqué dans la direction verticale.

En effet, en haut, la couronne est jointe à un anneau métallique (diamètre extérieur : 20^{mm}; intérieur : 16^{mm}), qui servait à suspendre le miroir, soit au cou, soit à la ceinture. En bas et au-dessous de la couronne répond à ce cercle un petit quadrilatère, à parois latérales un peu inclinées, épais de 2^{mm} environ

et sur lequel se trouve un dessin que l'oxydation a rendu confus. L'ensemble de cette garniture métallique a dû être obtenu par moulage, d'après sa forme et son épaisseur.

Le revers de ce miroir n'était pas destiné à être vu; il ne porte aucun dessin et est fort grossier. De ce côté, la garniture métallique se trouve pourvue de

Fig. 7.

Miroir d'Antinoé.

quatre pattes grossières, larges de 2^{mm} à 3^{mm}, longues de 15^{mm} à 20^{mm}, qui sont rabattues horizontalement aux quatre coins du miroir de verre, de manière à le maintenir pressé contre le métal.

Le miroir de verre lui-même, vu de ce même revers et par son côté concave, est presque entièrement apparent, au lieu d'être masqué par un cercle de plomb comme celui de Sofia. Il se présente comme un fragment concave, carré, peu régulier, dont les quatre angles ont été enlevés, le tout découpé comme par des ciseaux dans un ballon de verre. L'épaisseur du verre est voisine d'un demi-millimètre.

Au point de vue de la composition chimique, la garniture et l'enduit métallique du miroir sont également constitués par du plomb, industriellement pur, ne renfermant ni mercure, ni cuivre, ni argent, ni antimoine, ni étain, en dose sensible. La garniture est recouverte d'une patine d'oxyde de plomb carbonaté, beaucoup moins blanche que celle du miroir de Sofia; ce qui m'avait fait, à première vue, soupçonner la présence de cuivre ou d'étain, que je n'ai point

retrouvés par l'analyse. Cette différence est également manifeste dans l'enduit ou patine du revers, qui recouvre à la fois la garniture et le métal coulé à la surface du verre. Elle est due sans doute à ce que l'oxydation du métal à Sofia s'est accomplie au sein d'un milieu beaucoup plus humide qu'à Antinoé.

En fait, si l'on gratte avec un canif l'enduit du miroir, on dégage aisément le métal par petites lamelles ou rognures, débarrassées d'oxyde, et qui en permettent l'examen approfondi. La couche métallique initiale, versée sur le métal, avait certainement plus d'un dixième de millimètre d'épaisseur. C'est en raison de ces circonstances que le plomb coulé à la surface concave du miroir s'est bien mieux conservé et donne une idée plus exacte de l'éclat originel du miroir et de la netteté des images qu'il était susceptible de fournir; netteté presque aussi grande actuellement que celle des images obtenues aujourd'hui par l'opération décrite à la page 110.

En résumé, il résulte de cette étude que l'industrie des miroirs de verre doublés de métal était répandue dans tout l'Empire romain, depuis les Gaules et la Thrace jusqu'en Égypte : miroirs de petite dimension, très minces, découpés dans des ballons de verre soufflés, ce qui leur communiquait une forme convexe. Dans la concavité du ballon intact, ou bien dans celle des capsules déjà découpées, on coulait une couche mince de plomb fondu; le verre était si mince qu'il n'éclatait pas au contact du métal brûlant. Cela fait, on ajustait le miroir dans une garniture de métal, de plâtre, ou d'autres substances, telles que du bois. Je n'ai pas, jusqu'ici, connaissance expérimentale de l'emploi de l'étain pour un pareil usage, quoique cet emploi ait été consigné dans un texte d'Alexandre d'Aphrodisie. Les miroirs ainsi obtenus sont brillants et donnent des images nettes, comme le montre celui d'Antinoé; mais ils sont altérables par l'air humide. Leur fabrication a continué pendant le moyen âge, ainsi que l'attestent les textes de Vincent de Beauvais, que j'ai cités précédemment (*Annales de Chimie et de Physique*, 7ᵉ série, t. XII, p. 458. — Ce volume, p. 109). Elle a duré jusqu'au XVᵉ siècle, époque où la découverte des propriétés de l'amalgame d'étain a permis d'étendre à froid le métal sur des surfaces planes et de donner au verre une solidité suffisante et une épaisseur convenable pour le dresser parfaitement, en même temps qu'on apprenait à le tailler régulièrement au diamant. On reconstitue ainsi l'histoire de toute une industrie.

V. — L'aérolithe d'Avicenne.

Je demande la permission de rappeler le fait suivant, relaté par Avicenne dans ses ouvrages arabes, ainsi que dans leurs traductions latines : Un aérolithe

étant tombé dans l'Asie centrale, dans le Djorjan, au XI^e^ siècle, au temps de Mahmoud le Gaznévide, ce souverain ordonna d'en fabriquer une épée, à laquelle il attribuait sans doute des propriétés magiques. Mais le métal ne put être travaillé : « *Erat infrangibile et infabricabile.* »

Ce fait est analogue à celui qu'a observé M. Nordenskiöld, dans le Groenland, sur un bloc de fer réputé météorique.

L'idée que le fer tombé du ciel devait posséder des propriétés merveilleuses paraît avoir donné naissance, dans l'antiquité, à diverses légendes et pratiques religieuses, telles que l'adoration, par les Scythes, d'une épée de fer céleste, symbole du Dieu de la Guerre. Ces idées ont subsisté jusque de notre temps, comme en témoigne la fabrication, relatée par Boussingault, avec le fer météorique, d'une épée pour le général Bolivar, en Amérique.

Je rappellerai que les aérolithes, réputés d'origine divine, ont été souvent l'objet d'un culte, comme la pierre d'Émèse et probablement la pierre noire de la Mecque.

QUATRIÈME GROUPE.

OBJETS PRÉHISTORIQUES.

I. — Trois menhirs trouvés dans les bois de Meudon.

Les gisements de grès ne sont pas rares aux environs de Paris; on exploite cette roche en carrière à Châtillon, dans la vallée de l'Yvette et ailleurs, et l'on en rencontre des échantillons disséminés en bien des endroits. Les champs du Haut-Sèvres en contenaient un certain nombre, il y a 50 ans; ils donnaient leur nom à la sente des Grès, devenue depuis la rue des Grès. Mais ils ont disparu, ayant été exploités lors de la construction récente des villas avoisinantes. On peut même voir encore un fragment de grès en roche, dans un sentier qui monte en pente rapide le long du mur du parc de Meudon, près de l'étang de Trivaux.

Aussi, lorsque j'ai eu occasion d'apercevoir près de la fontaine de Sainte-Marie, au-dessus de Fleury, au carrefour de la Garenne, dans l'intérieur de la forêt de Meudon, une roche de grès de forme singulière, récemment mise au jour par suite d'une coupe des bois faite il y a 2 ans, ma première pensée a-t-elle été de vérifier si cette roche ne serait pas un fragment naturel, demeuré en place. En effet, il ne suffit pas de reconnaître l'existence d'une pierre plus ou moins volumineuse, d'une forme déterminée, pour en conclure à son caractère de monument préhistorique. Il faut encore et surtout constater, par des fouilles, que la pierre a été travaillée et apportée de main d'homme; et d'abord qu'elle ne vient pas d'une roche en place, telles qu'elles abondent dans tous nos bois.

La roche précédente était connue des agents forestiers, comme on devait s'y attendre; mais en tant que roche de grès, non assimilée jusqu'ici aux pierres

préhistoriques. Elle n'a pas été signalée dans les cartes des monuments mégalithiques, publiés par la Commission archéologique des Gaules, ou inscrits dans ses dossiers; notre confrère, M. Alexandre Bertrand, directeur du Musée de Saint-Germain, si compétent dans ces questions, et à qui je m'adressai d'abord, n'en avait aucune connaissance. C'est ce qui m'a engagé à en faire l'examen, après autorisation gracieusement accordée par le Directeur des Forêts. Je l'ai fait déchausser, de façon à en reconnaître la base; j'ai pratiqué des fouilles à ses deux extrémités, et j'ai dégagé complètement une seconde roche semblable, gisant sous la terre, à 1^{m} plus loin. Depuis, j'en ai examiné plusieurs autres, dont il sera question tout à l'heure.

La roche principale du carrefour de la Garenne est une table de grès, à peu près triangulaire, dressée verticalement sur l'une de ses tranches et tronquée au sommet. Elle est haute de 2^{m},5, large à la base de 2^{m},5, au sommet de 0^{m},65 environ. Elle est épaisse de 0^{m},6 à la base, de 0^{m},5 un peu au-dessous du sommet, où elle se rétrécit brusquement jusqu'à 0^{m},3. Le sommet tronqué est constitué par un petit parallélogramme horizontal, de 0^{m},65 sur 0^{m},3 environ. L'orientation de la pierre, c'est-à-dire la direction du plan vertical tracé entre les deux faces dressées, est celle du levant : ainsi les deux faces verticales sont dirigées l'une vers le Nord, l'autre vers le Midi.

Ces divers caractères rappellent ceux des menhirs, trouvés en bien des endroits de la France. Mais, pour établir la véritable nature de la pierre, il était nécessaire d'examiner la base. Une fouille pratiquée avec précaution l'a mise à nu tout entière, et j'ai pu constater que la pierre n'était pas implantée sur roche, ou dans une couche de sable siliceux avec laquelle elle aurait fait corps, comme il arrive en général dans la forêt de Fontainebleau et même dans le haut de la vallée de Chaville.

Sa base est très nettement isolée et posée horizontalement sur un sol purement argileux. En d'autres termes, elle a été dressée à cette place, après avoir été apportée d'une distance plus ou moins considérable : il reste donc à en établir la provenance; j'y reviendrai tout à l'heure. Mais poursuivons notre examen.

J'ai pratiqué une fouille sous la tête orientale de la pierre; il s'y trouvait des meulières plates, empilées, mêlées d'argile, sans autre objet. Le sol portait, d'ailleurs, en ce point les traces d'un remaniement plus moderne, mais dont il est impossible de fixer la date. Sous la roche même, aucun remaniement, non plus qu'à son extrémité occidentale.

En avant du menhir dressé que je viens de décrire, la fouille a permis d'en reconnaître un second, celui-là renversé, un peu plus petit. Il a la forme d'une table pentagonale, irrégulière; la plus grande dimension est de 2^{m} entre deux angles opposés; on mesure 1^{m},8 de la pointe à la base. L'épaisseur est la même que celle de la première, c'est-à-dire qu'elle varie de 0^{m},65 à 0^{m},35. Ce menhir

a glissé à une certaine époque, sur une forte meulière plate qui le calait, et que j'ai pu extraire, après avoir fait soulever le menhir avec des leviers. Aucun autre objet ne s'y trouvait, et le sol inférieur n'était pas remanié. D'après la position actuelle de ce second menhir, son orientation, lorsqu'il était dressé, était probablement la même que celle du premier qu'il précédait. J'ai fait poursuivre la fouille plus loin et faire des sondages dans cette direction, avec l'espérance de rencontrer soit d'autres menhirs, soit peut-être un dolmen; mais sans rien observer de plus.

L'existence de ces deux menhirs dans le bois de Meudon doit être rapprochée de celle des dolmens de grès découverts, il y a 40 ans environ, dans l'avenue du château de Meudon, dolmens dont les débris se trouvent aujourd'hui sur la terrasse, ainsi que des ateliers de l'âge de pierre, signalés dans le bois de Clamart par M. Rivière (1).

L'endroit où gisent les menhirs actuels est intéressant : c'est une région remplie de sources, résultant du drainage de la plaine de Châtillon et arrêtées au niveau de la couche d'argile imperméable. Elles alimentent les étangs (artificiels) de Trivaux, de Chalais, de Villebon. Ces sources ont dû attirer l'attention des anciens habitants de la contrée sur le point où ils érigèrent autrefois les deux menhirs que je viens de signaler.

En poursuivant mes recherches sur les monuments préhistoriques du bois de Meudon, j'ai fait quelques nouvelles observations.

J'ai observé dans la même région, à 200^{m} environ de distance, mais à une altitude supérieure de 50^{m}, une troisième pierre travaillée en forme de menhir, renversée sur le sol de la forêt dans une légère dépression, voisine de la lisière de la forêt et de la haute plaine de Clamart, près d'un chêne numéroté 5 en bleu par les agents forestiers. J'ai fait dégager cette pierre par des fouilles; elle est parfaitement indépendante du sol, et aucune pierre analogue ne l'accompagne. C'est une meulière compacte, taillée en forme de table ou pentagone irrégulier; elle est épaisse de $0^{m},40$; sa face inférieure surtout est taillée et sensiblement plane. La tranche de l'un des côtés est rectiligne, à cassure nette, normale à la face inférieure de la pierre, longue de $1^{m},10$. Cette table présente $1^{m},60$ dans sa plus grande dimension, et $1^{m},20$ dans une direction perpendiculaire. La tranche rectiligne était orientée de l'Est à l'Ouest, avant la fouille, de même que les menhirs du carrefour de la Garenne. J'ai fait dresser cette pierre sur sa tranche, et j'ai constaté qu'elle reposait à nu sur une terre noire, sans aucune adhérence, ni prolongement. Elle a été sans doute apportée en ce point par la main des hommes qui l'ont taillée.

J'aurais désiré la laisser debout; mais le garde forestier qui m'accompagnait

(1) *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, t. CI, 1883, p. 1190.

a préféré la recoucher, de crainte de quelque accident causé par l'imprudence des promeneurs.

La contre-épreuve du caractère véritable de ces divers menhirs m'a été donnée par l'examen de deux autres pierres, l'une meulière, l'autre de grès, situées dans les alentours; mais que la fouille a montré être des roches en place, tenant au sol par leurs prolongements; ainsi que par l'étude d'une roche de grès analogue, gisante sur une couche de sable siliceux auquel elle adhérait, dans le haut de la vallée de Chaville (1).

Je dirai seulement quelques mots de l'une d'elles, à cause de la lumière qu'elle jette sur les origines des deux menhirs de grès du carrefour de la Garenne. C'est une table de grès quadrangulaire, longue de $1^{m},90$ sur $1^{m},80$ de large, située à 150^{m} de ces deux menhirs et à 50^{m} environ du troisième que je viens de décrire; mais à un niveau intermédiaire, c'est-à-dire situé à 30^{m} ou 40^{m} plus haut que les deux menhirs de grès, d'après mes mesures.

Cette table est couchée sur une pente fortement inclinée. La fouille a mis à nu, à côté, un autre grès en pointe, qui s'enfonce horizontalement sous la terre.

En outre, j'ai vérifié, à l'aide d'un baromètre anéroïde, que ces deux derniers grès sont précisément au même niveau qu'un banc de grès, actuellement en exploitation à 2^{km} plus loin, dans la plaine de Châtillon.

En les dégageant, nous avons trouvé quelques silex éclatés, mais sur lesquels la trace du travail humain était incertaine.

Si je signale cette table de grès, c'est que sa présence à 150^{m} des deux menhirs du carrefour de la Garenne, et à une altitude supérieure d'une quarantaine de mètres, offre quelque intérêt : elle rend probable, en effet, la région d'origine de ces deux menhirs, qui auraient été amenés de la côte voisine jusqu'au point où on les a érigés autrefois, auprès des sources qui sourdent au bas de la côte. Cette petite région, circonscrite au voisinage du carrefour de la Garenne, est, d'ailleurs, la seule où il existe, à ma connaissance, des grosses pierres isolées préhistoriques en forme de menhirs, dans toute l'étendue de Clamart à Versailles.

---

(1) Quelques mois après, cette roche a été enlevée et transportée à quelques centaines de mètres plus loin par de jeunes séminaristes, venus, je crois, d'un établissement ecclésiastique de Versailles, et qui se sont amusés à dresser toute une série de pierres, grès et meulières, autour d'un gros chêne, sur lequel ils avaient fixé une statue de la Vierge. Ils avaient même commencé à en faire un lieu de pèlerinage. Les tentatives d'ériger ainsi de faux dolmens et menhirs modernes sont faciles à déceler par l'examen des pierres qui les constituent.

II. — Sur une lampe préhistorique, trouvée dans la grotte de la Mouthe.

Dans la séance de l'Académie du 20 septembre 1901, M. Em. Rivière a exposé les découvertes qu'il avait faites dans la grotte de la Mouthe (Dordogne). Entre autres objets, il a montré une lampe préhistorique creusée dans un galet de grès rouge (*Comptes rendus*, t. CXXXIII, p. 507), d'origine magdalénienne et portant gravé sur sa face externe le dessin d'une tête de bouquetin. La face interne creusée indique la destination de cette lampe. Ladite face était recouverte d'une matière noire, que M. Rivière a détachée autant que possible et qu'il m'a remise, en me priant d'en faire l'examen chimique. J'ai reconnu que cette matière, semblable aux derniers résidus d'une lampe à huile, est constituée par une substance charbonneuse, combustible, à l'exception d'un peu de cendre calcaire non ferrugineuse (carbonate de chaux, provenant de la roche).

Ce qui caractérise surtout cette substance charbonneuse, c'est qu'elle contient des composés fixes, analogues aux principes immédiats des tissus animaux et émettant par distillation sèche des vapeurs ammoniacales (carbonatées), avec une odeur spécifique spéciale.

En somme, ces résidus charbonneux sont semblables à ceux que laisserait la combustion d'une matière grasse d'origine animale, mal séparée de ses enveloppes membraneuses, telle que le suif ou le lard. Ce serait donc une matière de ce genre qui aurait été utilisée pour l'éclairage de la grotte.

CINQUIÈME GROUPE.

ALTÉRATIONS SÉCULAIRES DES MÉTAUX ET DES OBJETS ORGANIQUES.

I. — Altération des métaux.

1. Je renverrai d'abord aux articles consacrés à ce sujet, au double point de vue des observations et des expérimentations, aux pages 47 et 49.

Voici maintenant quelques observations nouvelles.

II. — Réaction des chlorures alcalins sur l'argent.

J'ai eu en mains certains objets d'argent antiques, provenant de fouilles faites en Égypte et en Chaldée : particulièrement un grand vase d'argent, recouvert d'inscriptions cunéiformes, et dont la surface était imprégnée d'un chlorure d'argent ou d'un sous-chlorure qui nuisait à la lecture de ces inscriptions. M. Heuzey m'ayant prié d'essayer d'enlever ce chlorure, sans altérer les inscriptions ni le métal proprement dit, j'ai eu recours aux dissolvants du chlorure d'argent ordinaire, tels que l'hyposulfite de soude, l'iodure de potassium et particulièrement le cyanure de potassium, qui dissout aisément le chlorure d'argent le plus cohérent; mais sans succès. J'ai été ainsi conduit à examiner l'altération lente que l'argent éprouve au contact de l'air et des solutions des chlorures alcalins.

En fait, j'avais constaté depuis longtemps que cette altération est assez rapide et donne naissance à du carbonate de soude et à un chlorure double.

J'ai mis en expérience, le 13 avril 1894, des flacons bouchés à l'émeri, qui renfermaient des lames d'argent pur, maintenues en contact avec des dissolutions saturées de chlorure d'argent, dans le chlorure de potassium d'une part, dans le chlorure de sodium d'autre part. Les deux flacons étaient placés dans une armoire vitrée, sans recevoir la lumière directe du soleil.

De tels flacons, quoique bouchés à l'émeri, donnent lieu, comme on sait, à une lente circulation d'air, dans l'intervalle du bouchon et du col, en raison des variations de pression et de température, prolongées pendant quatre ans dans les essais actuels. Aussi l'argent a-t-il été attaqué peu à peu, avec formation de fins cristaux de chlorures doubles, en groupes mamelonnés, qui demeuraient très adhérents aux lames.

Mais il existe à cet égard une différence singulière entre le chlorure de potassium et le chlorure de sodium. En effet, la lame d'argent immergée dans le chlorure de potassium a conservé sa couleur et son éclat; tandis que la lame d'argent immergée dans le chlorure de sodium est devenue d'un violet foncé à la surface, comme s'il s'était formé un sous-chlorure.

Aucune précipitation d'argent transporté n'a, d'ailleurs, eu lieu, ni au fond des deux flacons, ni sur leurs parois.

III. — Sur l'altération lente des alliages métalliques contenant du cuivre, au contact simultané de l'air et des chlorures alcalins.

L'altération du cuivre au contact de l'air et des chlorures alcalins est bien connue, et j'ai montré (1) par quelle succession de réactions les objets antiques constitués par ce métal et enfouis sous la terre se désagrègent sous l'influence du temps et se transforment :

Tantôt en oxychlorure cuivrique (atakamite) lorsque l'action de l'air s'exerce librement, avec le concours d'une dose suffisante de chlorure de sodium :

$$4Cu + 4O + 2NaCl + CO^2 + 4H^2O = 3CuO.CuCl^2.4H^2O + CO^3Na^2;$$

tantôt en protoxyde de cuivre, lorsque l'action de l'air s'exerce peu à peu, avec le concours d'une dose de chlorure de sodium qui peut être extrêmement faible; l'atakamite qui en résulte changeant indéfiniment une nouvelle dose de cuivre métallique en protoxyde de cuivre et chlorure cuprososodique

$$4Cu + 3CuO.CuCl^2.4H^2O + 2NaCl = 3Cu^2O + Cu^2Cl^2.2NaCl + 4H^2O;$$

(1) Ce volume, p. 47.

puis ce dernier sel absorbant l'oxygène de l'air, de façon à régénérer l'atakamite

$$3(Cu^2Cl^2.2NaCl) + 3O + 4H^2O = 3CuO.CuCl^2.4H^2O + 2CuCl^2 + 6NaCl$$

et encore

$$2CuCl^2 + 6Cu + 6O + 8H^2O = 2(3CuO.CuCl^2.4H^2O),$$

ce qui nous ramène au point de départ.

La même réaction peut donc recommencer indéfiniment, avec une faible quantité initiale de chlorure de sodium, pourvu que l'oxygène se renouvelle indéfiniment.

Un objet de cuivre peut ainsi se transformer à la longue en protoxyde, soit sous la terre, soit même dans les vitrines d'un musée.

Il y a seulement cette condition essentielle qui doit être observée, à savoir que l'accès de l'oxygène soit assez lent pour que l'oxychlorure cuivrique produit à l'état de très petites quantités puisse se redissoudre et se transformer à mesure dans la liqueur renfermant une faible dose de chlorure de sodium. Si la formation de l'oxychlorure est trop rapide, il se sépare sous forme d'agrégats, que le chlorure alcalin n'attaque plus guère, une fois qu'ils ont acquis une certaine cohésion.

J'ai reproduit expérimentalement tous les phénomènes et réactions que je viens de décrire, dans des flacons convenablement disposés.

L'effet définitif de ces réactions progressives est la désagrégation des objets de cuivre, résultant de l'accroissement de volume attribuable à l'addition de l'oxygène au métal. En effet un atome de cuivre occupe un volume égal à

$$\frac{63,6}{8,9} = 7^{cm^3},1,$$

tandis que le protoxyde qui en résulte occupe

$$\frac{79,6}{5,75} = 13^{cm^3},8.$$

Cependant, on a observé à diverses reprises des objets archaïques à formes définies, tels que des couteaux, constitués par du protoxyde de cuivre, et l'on a supposé qu'ils avaient dû être fabriqués directement au moyen du protoxyde de cuivre fondu, ou plutôt agrégé avec le concours de la chaleur.

Je me suis demandé si l'explication n'était pas différente, la conservation de la forme de l'objet résultant d'une pseudomorphose. Cet objet aurait été con-

stitué à l'origine par un alliage, tel qu'un bronze ou un laiton, dont l'un des composants (le zinc, l'étain, ou le plomb) aurait disparu, par suite des phénomènes d'oxydation et de formation de sels basiques ou de sels doubles; tandis que le cuivre serait resté sur place à l'état de protoxyde, l'oxygène comblant le vide laissé par la disparition du métal complémentaire.

Pour contrôler cette hypothèse, il suffit de chercher comment se comportent les alliages de cuivre et notamment le laiton, c'est-à-dire s'ils se transforment en protoxyde de cuivre, sous les influences réunies de l'air et d'une dissolution de chlorure de sodium.

A cet effet, dans un flacon bouché, mais susceptible de laisser l'air pénétrer très lentement, j'ai abandonné pendant 2 ans des feuilles très minces de laiton (clinquant des laboratoires) au sein d'une dissolution étendue de chlorure de sodium. Au bout de ce temps, en effet, le laiton s'est trouvé en partie transformé en protoxyde de cuivre rouge, accompagné par de l'atakamite; la liqueur (et le précipité) contenant les métaux autres que le cuivre.

Il m'a paru intéressant de signaler ce genre de transformations à l'attention des archéologues.

Voici maintenant des observations relatives aux substances organiques :

IV. — Sur divers liquides contenus dans des vases antiques.

La connaissance des produits métalliques et céramiques de l'antiquité nous est révélée par l'étude des nombreux objets, vases, ornements et instruments de toute nature, que l'on trouve chaque jour dans les fouilles et dans les tombeaux. Mais il n'en est pas de même des matières altérables d'origine organique, et spécialement des liquides, qui ont en général disparu. C'est ce qui augmente l'intérêt des rares échantillons de ce genre, conservés par suite de circonstances exceptionnelles. C'est ainsi que j'ai pu analyser un vin antique, trouvé aux Aliscamps, près d'Arles, dans un vase de verre scellé à la lampe, de l'époque gallo-romaine (1).

J'ai eu occasion d'examiner récemment des liquides différents, trouvés dans des vases et tombeaux antiques et il paraît utile d'en donner ici l'analyse.

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. XII, 1877, p. 415. — *La Chimie au moyen âge : Transmission de la science antique*, t. I, p. 376.

A. — Liquides provenant d'un flacon trouvé près de Reims.

Deux de ces liquides m'ont été remis par M. Th. Habert, conservateur du Musée archéologique et céramique de la ville de Reims. Ils ont été extraits par lui d'un flacon de verre (*œnochoe*) trouvé dans les environs et qu'il regarde comme appartenant à l'époque gallo-romaine. La nécropole dans laquelle le vase a été rencontré renfermait un grand nombre (plus de vingt) d'autres objets de tout genre, en bronze, verre, poterie, des stèles funéraires, etc. Elle est située sur le territoire de Reims, à plus de 25^{m} au-dessus du niveau des eaux de la Vesle, contrée des Coutures, lieu dit *Le chemin vert*, et traversé par le chemin de la Procession.

Ce flacon, à panse arrondie et à goulot un peu large, muni d'une anse, avait une capacité d'un demi-litre environ. Il renfermait un liquide aqueux, surmonté par une matière grasse, en grande partie fluidifiée.

I. — *Matière grasse.*

J'ai d'abord analysé la matière grasse. J'ai décanté la portion liquide et isolé la portion solide, par une série de compressions ménagées entre des feuilles de papier buvard.

Portion solide. — Sur une portion on a titré l'acide libre par un essai alcalimétrique, fait au moyen de la potasse titrée et avec le concours de l'alcool et du tournesol. Je demande la permission de rappeler que le principe de ce procédé, aujourd'hui fort usité, a été signalé par moi, en 1855 (1), pour le dosage volumétrique, par le tournesol et un alcali, des acides gras mélangés aux corps gras neutres.

Une autre portion a été délayée dans un lait de chaux et traitée aussitôt à froid par l'éther, qui dissout le corps gras neutre, sans agir notablement sur le sel calcaire. On a trouvé ainsi :

	Acide gras calculé comme acide	
	stéarique.	palmitique (margarique).
Acide libre	88,3	79,6
Corps gras neutre	17,6	17,6
	105,9	97,2

(1) *Journal de Pharmacie*, 3^{e} série, t. XXVII, p. 30.

D'après ce calcul, en réduisant le poids à 100 parties, comme il convient, on trouve que l'acide gras libre actuel était formé de deux tiers environ d'acide stéarique (mêlé d'acide oléique), et d'un tiers d'acide palmitique (ancien acide margarique).

Portion grasse liquide. — Elle est beaucoup plus abondante, très visqueuse, douée d'une odeur rance fortement prononcée, jaunâtre, très soluble dans l'alcool, qu'elle rend fluorescent. Le titrage alcalimétrique répond à un acide dont le poids, évalué suivant l'équivalent de l'acide oléique, représenterait 79 centièmes du total. Mais ce chiffre est trop fort, d'après les résultats obtenus dans un essai spécial pour doser la matière neutre; essai, d'ailleurs, que la solubilité de l'oléate de chaux dans l'éther a empêché de fournir un résultat précis. En réalité, nous avons affaire à un acide gras, ou plutôt à un mélange d'acides gras, à équivalent moins élevé que l'acide oléique.

Quoi qu'il en soit, cette analyse montre que la matière grasse contenue dans le flacon était, en majeure partie, acidifiée et oxydée; une certaine portion demeurant à l'état de matière neutre.

L'ensemble de ces résultats répond probablement à l'existence primitive, dans le flacon, d'une matière grasse neutre, telle qu'une huile végétale. En effet, une graisse animale aurait fourni une matière concrète à la température ordinaire, en raison de la prépondérance des glycérides provenant des acides gras solides, dans une semblable graisse.

Les altérations subies sont d'ailleurs semblables à celles que M. Friedel a signalées récemment pour des matières grasses trouvées dans des tombes égyptiennes (*Comptes rendus*, t. CXXIV, p. 648). Elles résultent à la fois de l'action de l'oxygène et de l'action décomposante de l'eau, qui tend à mettre les acides gras en liberté.

Les matières grasses que j'examine en ce moment ont éprouvé, de la part de l'eau, des réactions spéciales, dont il va maintenant être question.

II. — *Liquide aqueux.*

En effet, le flacon renfermait, dans sa partie inférieure, une couche aqueuse assez fortement colorée et qui avait été prise pour du vin par les premiers observateurs, en raison de sa teinte brune. Ce dernier liquide contient des matières organiques et des matières minérales.

D'après mes essais, la matière organique est constituée par un mélange d'acides volatils à 100°, en présence de la vapeur d'eau ($C^nH^{2n}O^2$), et d'acides fixes, homologues inférieurs de l'acide oléique ($C^nH^{2n-2}O^2$), mélangés en outre avec des acides de la famille hydroléique ou oxyoléique, $C^nH^{2n-2}O^3$ (?).

L'acidité totale du liquide, estimée à l'aide d'une solution alcaline et du tournesol, répond à 1^{g} de potasse, KOH au litre, c'est-à-dire à un quart d'équivalent d'acide. Pour en préciser le poids absolu, il faudrait savoir à la fois la nature spécifique de ces acides et le volume total du liquide aqueux, lequel m'est inconnu. J'ai seulement constaté que la proportion équivalente des acides volatils répondait sensiblement au tiers du titre acide total, dans le liquide aqueux.

Ce rapport mérite attention. En effet, il répondrait à une formation simultanée des deux systèmes équivalents,

$$C^{n}H^{2n-2}O^{4}\ (\text{bibasique}) \qquad \text{et} \qquad C^{n-1}H^{2n-2}O^{2}\ (\text{monobasique}) + CO^{2},$$

formés en proportion égale; l'acide carbonique s'étant dégagé, tandis que les acides organiques demeuraient dissous.

Ces deux systèmes résulteraient en effet de la métamorphose, par oxydation, d'un acide gras monobasique, à la fois en un acide bibasique, de même richesse en carbone, et d'un acide monobasique, homologue immédiatement inférieur :

$$C^{n}H^{2n}O^{2} + O^{3} = \begin{cases} C^{n}H^{2n-2}O^{4} + H^{2}O. \\ C^{n-1}H^{2n-2}O^{2} + CO^{2} + H^{2}O. \end{cases}$$

Or, ce mécanisme est précisément celui qui préside à l'oxydation graduelle des acides gras par les réactifs ordinaires; ainsi que je l'ai constaté, spécialement en oxydant les acides acétique et butyrique par le permanganate de potasse (1). L'oxygène de l'air, par son action lente, paraît donc opérer de la même manière.

Après neutralisation au moyen de la chaux éteinte et filtration, le liquide aqueux a été évaporé au bain-marie et le résidu traité par l'alcool mêlé d'éther. Ce dernier, évaporé à froid, a laissé une dose très notable de glycérine, presque pure.

Les matières minérales, contenues simultanément dans ce liquide aqueux, consistaient en de petites quantités de chlorures et d'azotates. Il n'y avait pas d'ammoniaque sensible, ni de composé azoté, susceptible d'en fournir notablement, par calcination en présence d'un alcali pur.

Ces résultats montrent que le liquide aqueux n'était pas constitué par une saumure, placée au fond du flacon à l'origine, en même temps que l'huile, conformément à certaines pratiques des anciens; car la saumure aurait fourni à la fois du chlorure de sodium en abondance et de l'ammoniaque, dans ces condi-

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. XV, 1868, p. 367.

tions. Il en aurait été de même de toute substance d'origine animale, associée à l'origine avec le corps gras. Le vase n'a donc contenu autre chose que de l'eau et une huile grasse, ou un composé du même ordre.

Or cette eau ne préexistait probablement pas à l'origine.

En effet, l'orifice du flacon étant demeuré ouvert, je pense que le liquide aqueux n'est autre que de l'eau d'infiltration, provenant du terrain où ce vase était enfoui, et dont l'action chimique s'est ajoutée à celle de l'oxygène, pour produire l'altération lente de la matière grasse.

On doit seulement noter deux choses : savoir la persistance d'une certaine proportion de corps gras neutres, même après une quinzaine de siècles, et surtout celle de la glycérine. Les glucoses et sucres proprement dits dissous auraient probablement disparu entièrement dans ces conditions.

B. — Liquide provenant d'un tombeau syrien.

Ce liquide a été adressé, par un Maronite, au Président de la République, comme étant, d'après l'expéditeur, le liquide dont les Phéniciens se seraient servis pour conserver les corps; la lettre ne contenait d'ailleurs aucun détail sur les conditions de la trouvaille. Mais un examen plus approfondi de ces conditions m'a paru inutile; le liquide n'étant autre que de l'eau, avec de petites quantités de bicarbonate de chaux, de chlorures et des traces d'azotates. C'est sans doute de l'eau d'infiltration, comme la précédente.

J'ai déjà signalé plusieurs exemples de ce genre, lors de mes recherches sur un vin antique contenu dans un vase gallo-romain scellé à la lampe (1). Ainsi le liquide contenu dans un balustre creux, provenant d'un verre à boire, conservé au Musée de Rouen, n'était autre que de l'eau. De même un liquide contenu dans un vase de verre bleu, du Musée du Louvre.

V. — Nouvelles recherches sur les altérations séculaires des substances hydrocarbonées d'origine organique.

Les expériences exécutées dans nos laboratoires sur les altérations spontanées que les composés hydrocarbonés d'origine organique éprouvent sous l'influence prolongée du temps, spontanément, ou bien avec le concours des agents

(1) *Ann. de Chim. et Phys.*, 5e série, t. XII, p. 415. En général, les observateurs doivent se tenir en méfiance contre l'introduction accidentelle de l'eau d'infiltration dans les vases antiques.

atmosphériques, ne portent en général que sur des espaces de temps très limités : quelques jours, quelques mois, quelques années au plus (1). Il faut un soin tout particulier et des conditions spéciales pour qu'un observateur conserve des échantillons authentiques et bien définis pendant quelques dizaines d'années. Quant aux transmissions d'un expérimentateur à l'autre, elles ne réalisent pour ainsi dire jamais ces conditions favorables, et il arrive plus rarement encore que le nouveau directeur d'un laboratoire consente à poursuivre les études de son prédécesseur; contrairement aux prévisions faites autrefois par Fr. Bacon sur la continuité nécessaire des recherches scientifiques.

Aussi les investigations relatives aux modifications lentes des composés chimiques, et spécialement des substances organiques, ne peuvent guère être réalisées que sur des échantillons provenant soit de plantes connues dans l'antiquité, soit et surtout de fouilles et travaux archéologiques, tels que ceux conservés dans les musées. Là surtout il est possible d'en établir l'origine et l'authenticité, sans la connaissance desquelles les études de ce genre seraient dépourvues de valeur.

Ces conditions sont plus difficiles à réaliser sur les substances organiques que sur les substances minérales (métaux, matières céramiques, objets en verre, en pierre, etc.), en raison de la conformation mieux définie de ces dernières et des dessins et inscriptions qui en déterminent souvent la date; tandis que les substances organiques sont plus altérables et de formes moins définies. Cependant leur intérêt n'est pas moindre, mais à d'autres points de vue. En effet, leurs altérations mêmes permettent d'attaquer des problèmes chimiques presque inabordables autrement. Elles fournissent d'ailleurs certains caractères, certains indices qui ne sont pas dénués d'intérêt, même au point de vue archéologique et paléontologique.

C'est ce que j'ai cherché à montrer à différentes reprises : notamment par l'étude d'un vin de l'époque gallo-romaine, contenu dans une fiole de verre, scellée à la lampe, tirée d'un tombeau des champs Aliscans, près d'Arles (2); de matières grasses renfermées dans un vase antique rencontré près de Reims (3), dans une nécropole gallo-romaine; de blés trouvés à Pompéi (4); de la manne du Sinaï, qui se récolte encore aux mêmes lieux qu'autrefois (5), etc. Les re-

---

(1) *Voir* mes observations sur l'oxydation spontanée de l'éther hydrique au bout de 17 ans (*Ann. de Chim. et de Phys.*, 7e série, t. XX, p. 42).

(2) *Histoire des Sciences : la Chimie au moyen âge*, t. I, p. 380.

(3) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 7e série, t. XVI, p. 555. — *Voir* aussi les résidus d'une lampe préhistorique (ce présent volume, p. 123) et quelques observations relatives à l'altération séculaire des huiles siccatives (*Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, t. XXIII, p. 25).

(4) *Journal de Pharmacie*, 3e série, t. IV, 1863, p. 402. — Ce présent volume, p. 138.

(5) *La Chimie au moyen âge*, t. I, p. 385.

cherches de cette nature sont d'ailleurs intéressantes, je le répète, à un double point de vue : l'un purement chimique, l'autre historique et archéologique.

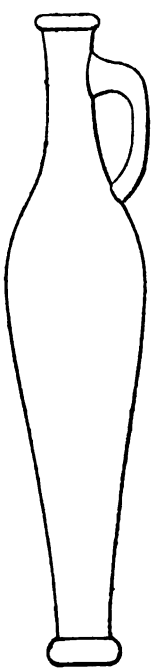
Voici l'origine et la composition des nouvelles matières que j'ai étudiées pendant l'année 1904.

J'avais appelé l'attention obligeante de M. G. Bénédite sur l'utilité qu'il y aurait à rechercher les substances qui pourraient exister encore dans l'intérieur des fioles et vases analogues, provenant de l'antiquité. L'analyse de ces substances est susceptible de fournir quelques renseignements historiques nouveaux sur les usages funéraires et autres. D'autre part, elle nous apprend ce que deviennent certains produits organiques au cours de longues périodes de conservation.

Le savant conservateur du Musée du Louvre a bien voulu examiner, avec moi, à ce point de vue, différents objets et notamment trois vases provenant de l'ancienne Égypte (1070*a*, 1070*b* et 1071*g*).

Ces vases (*fig.* 8) sont pareils; ils affectent la forme de fioles hautes et

Fig. 8.



étroites, munies d'une anse, fabriquées en terre cuite rougeâtre à surface polie (à l'aide d'un certain tour de main), sans dessins ni inscriptions. En voici les dimensions :

Hauteur totale, $0^m,28$ à $0^m,26$, non identique pour tous;

Ventre, $0^m,18$ à $0^m,20$; col, $0^m,06$;
Diamètre intérieur de l'orifice, $0^m,025$; plus bas dans le col, $0^m,02$;
Diamètre extérieur de la bague qui entoure l'orifice, $0^m,035$;
Diamètre extérieur maximum de la fiole, $0^m,10$;
Diamètre minimum au bas, $0^m,07$;
La capacité intérieure doit être voisine de 100^{cm^3}.

La date de ces objets pourrait être précisée, d'après les indications que voici :

Deux exemplaires de fioles semblables, appartenant au mobilier funéraire de tombes de la XVIII[e] dynastie (1600 à 1370 av. J.-C., d'après un comput moyen adopté par M. Maspero), ont été découverts dans la nécropole d'Abydos, au cours des fouilles de MM. Maciver et Mace (1899-1901). Ils sont figurés dans les planches XLV et L de la publication intitulée *El Amrah and Abydos, special publication of the Egypt Exploration Fund*, London, 1902. Ces planches sont consacrées au mobilier funéraire de tombes de cette localité.

C'est de ces fioles que M. Bénédite a extrait les matières que j'ai analysées, savoir : une matière pulvérulente empâtée de sable (1070*a* et 1070*b*), et une matière plus visqueuse et épaisse dans la troisième (n° 1071*g*).

La dernière était la plus abondante; c'est celle qui a servi surtout à mes expériences. La matière extraite des deux autres fioles n'en différait, d'après mon étude, que parce que le produit organique était comme solidifié par imprégnation dans une masse de sable, mélangée avec un peu de paille; cette dernière peut-être moderne et due aux accidents de transport. Après avoir fait ces vérifications, je me suis attaché à la substance extraite de la figure 1071*g*.

C'est une matière noirâtre, visqueuse, possédant une odeur de corps gras altéré, avec nuance aromatique et bitumineuse. Réaction acide.

Soumise avec précaution à l'action de la chaleur, elle développe une odeur empyreumatique, analogue à celle de l'acroléine. Chauffée sur une lame de platine, elle se gonfle, se volatilise, puis brûle presque sans résidu. L'incinération produit en petite quantité des cendres blanches, exemptes de sulfates et de phosphates, ne faisant pas effervescence avec les acides; mais contenant du chlore en proportion relative notable. Distillée dans un tube fermé par un bout, elle fournit un produit volatil, gras, insoluble dans l'eau, acide, et qui se concrète par refroidissement.

Le poids total extrait de la fiole 1071*g* s'élevait à $1^g,108$; sans préjudice de portions notables, adhérentes à l'intérieur et au col du vase. Ce corps est soluble dans l'éther.

Un essai de saponification par la chaux hydratée, à 100°, pendant plusieurs heures, n'a pas fourni de glycérine, préexistante ou régénérée. Il semble que celle-ci ait disparu par l'effet d'une oxydation séculaire.

Donnons maintenant les analyses :

1. Voici la composition de la *matière totale*, redissoute dans l'éther, puis isolée par évaporation au bain-marie et desséchée à 110° pendant un court espace de temps (de façon à éviter autant que possible l'oxydation).

C'est une huile rougeâtre, sirupeuse, à réaction acide.

Elle ne laisse que $\frac{1}{200}$ de son poids de cendres, qui ont été déduites. Traces négligeables d'azote.

On a fait l'analyse sur $0^{g},2475$.

La combustion a donné :	Les rapports atomiques $C^{10}H^{18}O^{3}$ exigeraient :
C = 64,15	C = 64,5
H = 9,29	H = 9,7
O = 26,56	O = 25,8
100,00	

On a essayé de titrer l'acidité avec de l'eau de chaux; mais le titre est peu certain. D'autre part, la matière a été chauffée au bain-marie pendant plusieurs heures avec de la litharge en poudre fine, et l'on a déterminé la perte de poids, en regardant cette perte comme représentant de l'eau, substituée par l'oxyde de plomb, par suite de la combinaison de ce dernier avec la matière grasse.

	g
Poids de matière grasse	0,2232
Poids de litharge	0,3490
Perte de poids à 110° (jusqu'à poids constant)	0,0146

Cette dernière perte répond à 6,99 centièmes du poids initial (eau).

On observera que ces chiffres s'appliquent à un mélange de principes neutres ou acides, insolubles dans l'eau, avec des principes acides formant des sels de chaux solubles dont il va être question. Les acides libres représentent environ le dixième du poids total, comme il va être dit.

2. En effet, on a pu isoler ce dernier ordre d'acides à l'état de sels calcaires blancs et cristallins, d'apparence écailleuse. A cet effet, on a traité la matière précédente par l'hydrate de chaux; on a mélangé aussi bien que possible, on a filtré, on a précipité l'excès de chaux par l'acide carbonique, etc. Ces opérations ont fourni finalement des sels de chaux solubles dans l'eau, qui les a séparés d'autres sels calcaires insolubles.

Les sels solubles, provenant de $8^{g},819$ de matière primitive, ont été redissous, débarrassés de l'excès d'alcali par l'acide carbonique et soumis à une évaporation bien réglée; ils ont fourni trois cristallisations successives, renfermant toutes sensiblement la même dose centésimale de calcium.

1° Le second et principal sel, séché à 110°, pesait 0ᵍ,5053. Il a été brûlé au chromate de plomb; il renfermait :

		Calculé pour $C^{10}H^{18}CaO^4$.	
C	43,3	C	43,8
H	6,4	H	6,6
Ca	15,2	Ca	14,6
O	35,1	O	35,0

C'est le sel de chaux d'un acide $C^5H^{10}O^3$.

2° La première cristallisation, obtenue exprès au voisinage de la limite de saturation de l'eau par les sels calcaires, était très peu abondante (0ᵍ,0218 séché à 110°); l'analyse a fourni sensiblement la même proportion de chaux que la précédente.

L'eau mère, évaporée à sec, a donné, en proportion semblable (0ᵍ,428 séché à 110°), un mélange salin un peu moins carboné :

		Calculé pour $C^9H^{16}CaO^4$.	
C	41,6	C	41,5
H	6,1	H	6,1
Ca	15,1	Ca	15,3
O	37,2	O	37,1

Il semble donc qu'on ait affaire à plusieurs acides d'une même série homologue, $C^5H^{10}O^3$ et $C^4H^8O^3$, de la famille des acides hydroléiques (oxystéarique, etc.); ces acides homologues étant produits par une lente réaction d'oxydation spontanée; conformément aux observations que j'ai faites sur les corps gras trouvés dans la nécropole de Reims.

Je rappellerai d'ailleurs que l'acide oléique et les corps analogues manifestent d'une façon marquée les propriétés des corps oxydables-oxydants, formés sous la seule influence de l'oxygène atmosphérique.

3. Après extraction des sels précédents, il reste une masse insoluble dans l'eau. Cette masse, traitée par l'éther froid, lui a cédé seulement quelques centigrammes d'une matière amorphe, de l'ordre de l'oléate de chaux et analogues.

On a chauffé ensuite la matière insoluble sur un bain-marie pour chasser l'éther; puis on l'a fait digérer à chaud avec l'acide chlorhydrique concentré et l'on a repris par l'éther, afin d'isoler l'acide gras séparé de la chaux. Cette séparation n'était d'ailleurs que partielle, comme il va être dit.

Le corps extrait par l'éther n'était pas cristallisé. Il a fourni à l'analyse, pour un poids égal à $0^{g},4977$:

		C'est-à-dire, cendres déduites.		Les rapports $C^{12}H^{22}O^{3}$ exigeraient :	
C.....	67,1	C.....	67,7	C.....	67,9
H.....	9,7	H.....	9,9	H.....	9,4
O.....	22,35	O.....	22,4	O.....	22,7
Cendres.	0,85				

Ce serait donc un acide du type $C^{n}H^{2n-2}O^{3}$ (acides oxyoléiques); probablement un mélange.

4. Cependant l'acide chlorhydrique, même par une digestion prolongée à chaud, n'a pas réussi à attaquer complètement le sel calcaire; ce qui semble indiquer une constitution différente de celle des sels des acides gras proprement dits. J'ai cru utile de procéder à l'analyse des composés restants, insolubles dans l'éther et qui se présentaient, après lavage et dessiccation, sous la forme de grains durs et compacts. L'analyse sur $1^{g},025$ a donné :

C.....	44,9
H.....	6,9
O.....	31,4
Ca.....	16,8

Ce qui répond aux rapports bruts :

$$C^{37,5}H^{70}CaO^{8}.$$

C'était sans doute un mélange. En déduisant la chaux, on arrive aux rapports $(C^{5}H^{10}O)^{n}$, susceptibles de représenter des composés de l'ordre des bitumes ou des résines.

5. Il résulte de ces observations et analyses que les composés trouvés dans la fiole égyptienne représentent les produits d'une oxydation lente, séculaire, accomplie dans l'obscurité des hypogées. Il est difficile de remonter avec certitude à la matière originelle.

C'était une offrande funéraire, préparée sans doute par l'association de plusieurs produits naturels, tels qu'une huile grasse, mélangée avec des baumes, résines, bitumes, etc.

D'après le caractère et la composition des sels de chaux solubles et cristallisables qui ont été obtenus, je suis porté à croire que l'huile grasse primitive

était l'huile de ricin : l'acide ricinoléique répondant à la formule $C^{18}H^{34}O^3$, c'est-à-dire au type des acides à 3 atomes d'oxygène, observés parmi les produits oxydés que renfermait la fiole funéraire égyptienne. L'huile de ricin était en effet connue et employée dans l'ancienne Égypte; elle figure dans les écrits et lexiques alchimiques (1) et il paraît qu'elle est encore aujourd'hui usitée comme aliment.

VI. — Recherches chimiques sur le blé découvert à Pompéi (2).

Dans la maison du boulanger, où ont été trouvés les pains à Pompéi, on a découvert un moulin ou *mola* en pierre, tout monté, formé de deux pièces, c'est-à-dire de la *méta*, ou meule mobile fixe inférieure conique ou en forme de cloche, et du *catillus*, ou meule mobile extérieure qui s'adaptait exactement sur la méta. Cette partie recevait le blé, comme nous le faisons dans nos petits moulins de ménage destinés à la trituration de certaines épices. On a découvert aussi sur le sol et contre les murs des pièces de rechange destinées à ce moulin.

Le sol de la boulangerie présentait un tas de blé qui, réduit en farine, servait à faire le pain, qu'on devait cuire dans le four placé en face du moulin. La même pièce renfermait, en outre, une grande jarre en terre pour laver le blé au moyen de l'eau, qui était amenée par un tuyau en plomb muni de robinet.

Ce blé, qui semble avoir appartenu à une bonne variété de froment, a conservé toute sa forme; il est d'un brun noirâtre, mais sur quelques points de sa surface on distingue une matière blanchâtre; il est poreux et se défait facilement sous la pression des doigts. Le poids d'un seul de ces grains oscille entre 17^{mg} et 19^{mg}. En effet :

		g			g
50 grains pèsent.....		0,927	1 grain pèse en moyenne...		0,0185
50	»	0,848	»	» ...	0,0169
100	»	1,710	»	» ...	0,0171
100	»	1,740	»	» ...	0,0174
20	»	0,361	»	» ...	0,0180
320		5,586			0,0879

En moyenne, un grain pèse..... $0^g,0175$

(1) *Collection des anciens alchimistes grecs, traduction :* Lexique alchimique, p. 10. — *Introduction à la Chimie des anciens : Signes alchimiques*, p. 109, 113.

(2) Note de S. de Luca, avec observations de M. Berthelot.

La quantité d'eau contenue dans le blé est indiquée par les chiffres suivants :

	Pour 100.	Moyenne.	Blé ordinaire.
Quantité d'eau, suivant les échantillons.	20,8 à 23,1	22,1	14,0
Cendres obtenues	13,4 à 15,0	14,2	1,5

Par conséquent, ce blé peut être considéré comme étant formé de

Matières volatiles à 110°	22,1
Matières destructibles par l'action de la chaleur et de l'air	63,7
Cendres ou matières fixes	14,2
	100,0

Dans les cendres du blé de Pompéi on trouve toutes les substances minérales contenues dans le blé ordinaire : c'est-à-dire de l'acide phosphorique en excès, de la potasse et de la soude, de la magnésie et de la chaux, du chlore et de l'acide sulfurique, de la silice, du fer et des traces de manganèse.

Lorsqu'on chauffe ce blé hors du contact de l'air, dans un tube de verre fermé à l'une de ses extrémités et recourbé, plein de mercure et communiquant par l'autre extrémité ouverte avec un bain de mercure, l'eau contenue dans le grain se condense d'abord ; puis on voit se dégager des gaz, dans lesquels on constate la présence de l'acide carbonique, de l'oxyde de carbone, des traces d'hydrogène et d'azote. Six grains de blé pesant $0^{g},110$ ont fourni $7^{cm^3},5$ de mélange gazeux dont les deux tiers étaient de l'acide carbonique.

La même expérience, faite sur $0^{g},110$ de pain de Pompéi, a donné presque le double de mélange gazeux ($13^{cm^3},5$) dont un peu plus que les deux tiers ($9^{cm^3},5$) étaient constitués par de l'acide carbonique. Des carbures liquides en très petite quantité colorent l'eau de condensation.

L'analyse élémentaire du blé a fourni en moyenne sur 100 parties :

Carbone	53,7
Hydrogène	3,4
Azote	2,3

La composition centésimale du blé de Pompéi peut, par conséquent, être représentée de la manière suivante :

Eau	22,1
Carbone	53,7
Hydrogène	3,4
Azote	2,3
Oxygène par différence	14,3
Cendres	14,2
	100,0

Si l'on fait abstraction de l'eau contenue dans ce blé et que l'on compare sa composition à celle qu'a assignée M. Boussingault au blé ordinaire, on aura les proportions suivantes :

	Pour le blé de Pompéi de dix-huit siècles.	Pour le blé récolté en 1836	
		en plein champ.	dans une terre de jardin.
Carbone	68,9	46,10	45,51
Hydrogène	4,4	5,80	5,67
Oxygène	5,5	43,40	43,00
Azote	3,0	2,29	3,51
Cendres	18,2	2,41	2,31
	100,0	100,00	100,00

Les cendres sont en très grande proportion dans le blé de Pompéi; mais il est probable que cet excès de matières minérales est dû à de l'eau, qui n'a cessé d'agir lentement pendant le long intervalle de dix-huit siècles, en s'infiltrant à travers le terrain qui recouvrait le blé et qui a laissé à sa surface les particules blanches dont on a parlé plus haut. Cette observation s'applique aussi au pain de Pompéi dont les cendres sont en plus forte proportion.

L'analyse quantitative éclaircira l'origine de cette quantité considérable de cendres.

L'eau et l'alcool, réagissant sur le blé de Pompéi, soit à froid, soit à chaud, se colorent légèrement en brun, en donnant des solutions qui, évaporées au bain-marie, laissent pour résidus de petites quantités de matières contenant de l'azote. L'éther et le sulfure de carbone n'enlèvent presque rien à ce blé.

L'observation microscopique ne dénote dans le blé de Pompéi aucune matière organisée capable de se colorer par l'iode. Il ne contient non plus aucune des substances qui réduisent le tartrate de cuivre et de potasse, ou qui fermentent par la levure de bière. La surface extérieure, correspondant à l'écorce proprement dite et à l'une des parties du son, est opaque, lisse, et elle se détache facilement de la partie centrale, qui montre encore distinctement le tissu celluleux du grain normal.

La quantité d'azote contenue dans ce blé correspond justement à celle que l'on rencontre dans le blé ordinaire : ceci mérite d'être noté; car après dix-huit siècles le blé de Pompéi, en perdant de l'hydrogène et presque tout son oxygène, conserve intégralement son azote et en grande partie son carbone. Cette perte ne peut pas être attribuée à une chaleur élevée, à laquelle n'ont pas été soumis, on le sait, les objets conservés à Pompéi, mais à l'action du temps, de l'eau et des agents atmosphériques.

En résumé, le blé de Pompéi, tout en conservant sa forme primitive, a perdu

toute trace de structure organisée; il ne contient plus ni gluten, ni amidon, ni sucre, ni matières grasses. Il s'est décomposé de telle manière qu'on y rencontre encore tout l'azote et presque tout le carbone du blé ordinaire. Quant aux éléments minéraux qui s'y trouvent actuellement contenus en très grande proportion, ils doivent probablement leur origine aux eaux d'infiltration, lesquelles, tenant en suspension ou en dissolution ces matières salines, les auront déposées sur la partie charbonneuse, perméable et amorphe de ce blé.

Voici une Lettre que M. Berthelot vient de m'écrire sur le blé de Pompéi :

« En examinant les résultats de vos dernières analyses de blé de Pompéi, je suis arrivé à un résultat assez curieux et dont je crois devoir vous faire part.

» Ce produit résulte d'une altération spontanée éprouvée par du blé enfoui, il y a 1800 ans, et soumis uniquement à l'influence de divers agents naturels, tels que les gaz du sol, les eaux d'infiltration, etc., agissant en dehors de l'influence de la lumière. Or, pour se rendre compte des altérations qu'il a subies, on peut faire diverses hypothèses, puis comparer les conséquences avec les résultats de vos analyses. Parmi ces hypothèses l'une des plus simples est la suivante : la décomposition s'est opérée uniquement par des réactions entre les éléments de la substance et sans l'intervention des agents extérieurs; elle a eu lieu de telle façon que les seuls produits éliminés fussent de l'eau et de l'acide carbonique, c'est-à-dire des produits de destruction complète, sans intermédiaires.

» Cette hypothèse étant posée, nous pouvons en comparer les résultats à vos analyses.

» La composition moyenne d'un blé récent, supposé sec et en faisant abstraction des cendres, est la suivante :

Carbone	47,1
Hydrogène	5,8
Oxygène	4,1
Azote	3,0

Celle du blé de Pompéi, sec et en retranchant les cendres :

Carbonate	84,2
Hydrogène	5,4
Oxygène	6,7
Azote	3,7

» Pour simplifier, nous allons encore faire abstraction de l'azote, ce qui n'entraînera pas d'erreur bien sensible. En effet, l'azote n'a pu s'éliminer, d'après notre hypothèse, que sous forme d'azote libre, ou d'ammoniaque. Dans un cas comme dans l'autre, les rapports entre le carbone, l'hydrogène et l'oxygène ne sont pas modifiés sensiblement par cette élimination; parce que, d'un côté, l'azote est peu abondant, qu'une partie seulement a disparu, et que, d'un autre côté, l'azote combiné ne peut emporter avec lui que le cinquième environ (3 sur 14) de son poids d'hydrogène.

» Ceci posé : soit $100x$ le poids du blé primitif (sec et cendres retranchées), qui a fourni 100 parties du blé de Pompéi (sec et cendres retranchées); soient y le poids de l'acide carbonique éliminé, et z celui de l'eau éliminée.

» On a les relations suivantes :

(1) $100x = 100 + y + z$ (c'est l'hypothèse fondamentale),

(2) $47,1x = 84,2 + \frac{6}{22}y$ (équation du carbone),

(3) $5,8x = 5,1 + \frac{1}{9}z$ (équation de l'hydrogène),

(4) $44,1x = 6,7 + \frac{16}{22}y + \frac{8}{9}z$ (équation de l'oxygène).

» Les trois premières relations déterminent le problème, et la quatrième fournit une vérification qui doit confirmer ou détruire l'hypothèse.

» Or on tire des trois premières

$$x = 2,06, \quad y = 47,1, \quad z = 58,9,$$

et ces nombres substitués dans la relation (4) la vérifient sensiblement.

» Ces nombres signifient :

» 1° Que deux parties environ (x) de la matière organique du blé primitif ont pu fournir une partie de la matière organique du blé de Pompéi.

» Cette altération de moitié répond, d'ailleurs, sensiblement à la variation survenue dans l'azote, variation que nous avions négligée.

» 2° Que la destruction de cette matière s'est opérée inégalement, 60 parties d'eau s'étant éliminées à ses dépens pour 50 parties d'acide carbonique.

» En résumé, 210 parties de matière organique du blé primitif ont fourni 100 parties de blé altéré, 60 parties d'eau et 50 parties d'acide carbonique.

» Ces conséquences peuvent être admises : soit que le blé n'ait subi aucune autre altération que celle qui a été soumise au calcul, soit qu'une partie de blé ait été détruite intégralement, tandis qu'une autre partie s'est altérée conformément à notre hypothèse.

» Pour vérifier ce qui est arrivé, en effet, il faudrait connaître le poids d'un grain de blé primitif et le comparer au poids actuel. C'est ce que nous ne pouvons évidemment pas faire avec certitude.

» Cependant on peut calculer ce qu'un grain de blé primitif aurait dû peser, en supposant qu'il n'ait subi d'autre altération que celle qui a été supposée. Vous avez trouvé pour le poids moyen du grain de blé actuel de Pompéi $17^{mg},5$. Retranchant l'eau et les cendres, on a pour le poids de la matière organique $11^{mg},5$ environ. Ce poids, multiplié par $2,6 = 24$. Les blés actuels renferment en moyenne les $\frac{7}{9}$ de leur poids de la matière organique, d'après les analyses de MM. Péligot et Boussingault. En appliquant ce chiffre au résultat précédent, on trouve pour le poids du grain de blé primitif, dont le blé actuel de Pompéi dérive : 31^{mg}.

» Ce chiffre est très faible et représenterait des grains très petits, mais dont le poids n'est pas en dehors des probabilités.

» En résumé, les altérations éprouvées par la matière organique du blé de Pompéi peuvent être, d'après vos analyses, exprimées de la façon suivante :

» 1° Tout ou partie du blé primitif s'est altéré, de façon à donner naissance au blé trans-

formé plus à de l'eau et de l'acide carbonique qui tirent la totalité de leurs éléments de la substance primitive. En même temps une partie de l'azote s'est séparée, probablement sous forme d'ammoniaque;

» 2° Dans le cas où une partie du blé primitif aurait éprouvé un autre mode de décomposition, la décomposition a été telle que cette partie a disparu entièrement.

» Le premier mode d'altération rappelle d'une manière frappante ce qui se passe lorsqu'une matière organique est décomposée par la chaleur.

» Les causes de l'altération spontanée du blé de Pompéi auraient donc agi d'une manière analogue à celle de la chaleur, bien que ces causes soient d'une nature fort différente. C'est précisément ce qui se passe dans la production de la tourbe et des lignites. »

VII. — Sur les changements de couleur des objets antiques.

Lettre à M. Durand-Gréville.

Monsieur,

En réponse à l'appel que vous faites aux chimistes (1) pour la question des variations de couleur des dessins des vases et des écritures des manuscrits, permettez-moi de vous présenter quelques observations nouvelles, à l'appui de vos propres considérations.

Je ne reviendrai pas sur la décoloration progressive des oxydes magnétiques de fer, employés dans le décor des vases grecs, lesquels, sous l'influence de l'air humide (et de l'acide carbonique, dédoublant l'oxyde magnétique avec production de carbonate), se sont changés lentement en peroxyde jaune ou rougeâtre. Vos remarques sur ce sujet me paraissent fondées, et il n'y aurait à les développer que sur quelques points sans importance.

Mais toute couleur noire, employée pour dessiner ou écrire sur terres cuites, papyrus ou parchemin, n'est pas de l'oxyde magnétique. La coloration noire formée par la noix de galle et les sels de fer était déjà connue des anciens; mais on ne sait pas s'ils l'ont employée comme encre (2).

L'encre des anciens, telle qu'elle est décrite par Dioscoride (*Mat. Med.*, Liv. V, p. 181-182), par Vitruve (Liv. VII, Chap. VII) et par Pline (*H. N.*, Liv. XXV, p. 25), était préparée, comme l'encre de Chine, avec du noir de

(1) Dans la *Revue archéologique*, 1892.

(2) Dans le passage regardé comme une traduction d'Alexandre de Tralles que vous reproduisez, et où cette matière est citée comme propre à teindre les cheveux, le mot *acacia* (écrit *agacia*) est exact (Dioscoride, *Mat. med.*, Liv. I, Chap. CXXXIII). Quant à *stipteria*, c'est l'alun : στυπτηρία.

fumée, obtenu au moyen d'une résine brûlée et délayée dans de la gomme, ou avec de la lie calcinée, ou bien encore avec du noir d'ivoire. Ces noirs étaient également employés par les peintres : je ne sais si l'on en a constaté l'existence sur les poteries grecques ou romaines.

En tout cas, les matières noirâtres obtenues par ces procédés, toutes les fois qu'elles ne se rapprochent pas de l'état du carbone pur, sont sujettes à s'oxyder lentement, sous l'influence de l'air humide et de la lumière. Elles s'altèrent ainsi peu à peu, en devenant brunes, puis jaunâtres. Dans des expériences que j'ai faites sur les matières brunes de la terre végétale, qui sont congénères, j'ai constaté qu'il se développe en même temps de l'acide carbonique et des composés solubles dans l'eau.

Ces altérations, très lentes d'ailleurs, produisent en définitive les changements de coloration analogues à ceux que vous avez reconnus sur les vases peints avec les oxydes de fer; changements attribuables au temps et qui ont pu fort bien détruire l'uniformité initiale d'un décor primitivement noir.

Les variations observées dans une même peinture, ou dans l'écriture d'un même manuscrit, ne proviennent pas nécessairement d'un changement dans la nature de l'encre ou de la matière colorante. Il suffit que la lumière ait agi différemment sur les différents points. Par exemple, un feuillet recouvert partiellement par un autre feuillet ou objet, tandis que le surplus aura subi l'action directe de la lumière, se décolorera bien davantage dans la partie restée à nu, et la décoloration affectera une limite nettement tranchée; sans que la matière colorante initiale ait été différente. Les conditions inégales d'éclairage ou d'humidité d'un objet ont donc pu et dû exercer une grande influence sur l'inégalité de ses colorations actuelles.

VIII. — Remarques sur la nécessité d'étudier les variations de dimensions et de volume des organes et parties des êtres vivants, ou ayant vécu, dans les études anthropologiques et paléontologiques.

Les recherches que je vais présenter montrent quelle est la nécessité d'exécuter des expériences spéciales, toutes les fois que l'on veut comparer les êtres actuellement existants à ceux qui ont vécu autrefois, végétaux, animaux et races humaines. Elles seraient utiles, par exemple, pour mieux déterminer les effets produits par la substitution de la silice, du carbonate de chaux, de la pyrite de fer, aux principes immédiats originels des Végétaux, Mollusques, Zoophytes et Vertébrés, substitution observable si fréquemment dans l'étude des fossiles. Elles importent particulièrement à l'Anthropologie et à l'Archéologie historiques et préhistoriques.

Peut-être a-t-on négligé quelquefois, dans la comparaison de la stature et des grandeurs relatives des différentes parties du squelette des races animales et humaines, de tenir compte des effets produits, soit aussitôt après la mort, soit sous l'influence du temps : tels que dessiccation ou humectation naturelles, altérations spontanées des composés organiques, engendrées d'abord par la putréfaction, puis au cours des années et des siècles par l'effet des oxydations, des fermentations, de l'action des eaux infiltrées, de la momification, etc. De même agissent la dessiccation et le dégraissage artificiels, les injections de liquides antiseptiques ou conservateurs, la métallisation des organes, etc.

Les comparaisons que l'on a faites souvent entre la taille et les proportions relatives ou absolues des différentes régions et organes du corps humain et du squelette, pour les races actuelles et les populations antiques, demeurent dès lors fort incertaines, toutes les fois que l'on n'a pas tâché — ce qui n'a guère eu lieu jusqu'ici — de les rendre plus probables, ou plus assurées, par des expériences de l'ordre de celles que je signale.

Il y a bien des années, j'avais présenté (vers 1860) des observations de ce genre à la Société de Biologie : observations d'un caractère général, mais qui avaient été provoquées par les tentatives faites des anthropologistes pour déterminer le volume du cerveau d'après la cavité des crânes humains fragiles, trouvés dans les nécropoles : soit directement; soit, ce qui est pire, en les consolidant au moyen du silicate de soude, ou par d'autres artifices. Or, la Géométrie nous enseigne comment une semblable opération, alors même qu'elle conserverait la forme générale des organes, change l'épaisseur de leurs parois et, par conséquent, les dimensions de leurs différentes parties, spécialement la capacité des cavités.

IX. — Sur les changements de dimension et de volume que les organes et tissus des végétaux éprouvent sous l'influence de la dessiccation.

En poursuivant mes recherches sur la dessiccation des organes et des tissus végétaux, tant dans les conditions naturelles et spontanées, que dans des conditions artificielles de température et de dessiccation absolue de l'air, j'ai été conduit à examiner les changements de dimension et de volume que ces organes et tissus subissent sous l'influence de conditions diverses de leur dessiccation. Ce sont là des problèmes qui ne manquent pas d'intérêt à plus d'un point de vue, soit en théorie, soit dans les applications scientifiques et industrielles.

Ils touchent d'abord à la stabilité et à l'état de santé de l'être vivant, lesquels sont subordonnés à l'équilibre relatif des différentes proportions de son organisme. Ils interviennent dans les pratiques relatives à la conservation et à

l'emploi des matières végétales et animales, à leur capacité physique pour l'absorption des liquides. La menuiserie et la construction du bâtiment, la fabrication et la mise en œuvre des tissus et papiers sont obligées d'en tenir compte, et il serait facile de multiplier les exemples de leur utilité.

Je me bornerai aujourd'hui à résumer les résultats de mes observations et expériences sur les tiges et feuilles de certaines plantes annuelles : expériences parallèles et simultanées avec celles relatives à leurs changements de poids et de constitution, signalées dans mes Mémoires spéciaux (1). J'ai opéré sur quatre Graminées : la Fétuque des prés; le Blé; le Maïs; le *Gynerium argenteum;* et sur le papier.

Les tiges et feuilles étaient coupées en fragments, normalement à leur axe; on y marquait des points de repère et l'on faisait les mesures à l'air libre du cabinet avec des instruments de précision. Chaque mesure a été répétée trois fois et l'on a pris la moyenne.

1° La distance entre deux de ces points bien définis, parallèlement à l'axe, était mesurée à l'aide de la lunette d'un viseur, à un dixième de millimètre près.

2° Les variations de diamètre des tiges, ou d'épaisseur des feuilles, étaient mesurées à l'aide d'un palmer, à un centième de millimètre près.

Pour les tiges, on a opéré sur différentes directions, toutes normales à l'axe. Dans les tiges circulaires (fétuque, blé) les mesures ainsi prises, mais répondant au même point de l'axe, sont identiques, ou à peu près : on en prend la moyenne. Quand la tige n'est pas circulaire, mais à coupe à peu près elliptique, comme dans le maïs, on effectue les mesures suivant deux directions rectangulaires. Sur chaque échantillon de tige, après avoir mesuré la longueur, on mesurait les diamètres en trois points distincts de l'axe, toujours nettement définis : l'un voisin du haut de la tige des plantes disposée verticalement, sans en être trop rapproché; l'autre vers le bas; enfin un autre, intermédiaire.

3° On a pris soin de déterminer, aux mêmes époques et dans des conditions semblables, sur des échantillons de plante prélevés simultanément, les variations de poids, comme termes de comparaison.

Voici les résultats observés :

---

(1) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 8e série, t. IV, 1905.

I. — Fétuque des prés.

Tiges vertes, fraîchement coupées. Ces tiges sont creuses, comme celles du Blé.

1. *Dessiccations successives à l'air, puis à* 110°. — *Échantillon* (*a*) : On opère sur une même tige.

		Diamètre.					
	L.	H.		M.		B.	
Date.	Longueur.	Partie haute.		Milieu.		Partie basse.	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
21 septembre 1904. $t = 12°$ à 14°. État initial.	97,0	2,00 2,04 2,03	2,023	2,03 2,03 2,03	2,030	1,94 1,94 1,95	1,943
26 septembre. (5 jours à l'air).	95,8	1,75 1,77 1,77	1,760	1,73 1,80 1,81	1,797	1,74 1,74 1,75	1,743
30 septembre. 4 jours. Air plus humide. $t = 12°$ à 14°.	96,2	1,74 1,75 1,75	1,747	1,79 1,78 1,79	1,787	1,75 1,76 1,75	1,753
1er octobre. Dessiccation à 110°. 10 heures.	96,3	1,72 1,75 1,68	1,717	1,68 1,70 1,72	1,700	1,72 1,76 1,78	1,753

La marche simultanée de la dessiccation étudiée directement sur un échantillon pareil au précédent est définie par le Tableau suivant :

	Eau.
100 parties séchées à 110° étaient auparavant unies à froid avec	228,0
100 parties (séchées à 110°) retenaient auparavant, après 10 jours de dessiccation antérieure, à la température ordinaire	21,1

	Eau totale en centièmes.
La tige avait perdu en 2 jours	61,2
Du troisième au cinquième jour	24,7
Du sixième au neuvième jour	4,8
Du neuvième au dixième jour	0,1
Il restait : eau évaporable à 110°	9,2
	100,0

Échantillon (*b*). — Mêmes époques et conditions, sauf l'existence d'un nœud (choisi exprès) en B. — On ne reproduit pas les trois mesures relatives à chaque pesée; se bornant à leur moyenne. Il en est de même pour l'échantillon suivant. Observations successives sur un même échantillon.

Date.	L.	H.	M.	B.
21 septembre.....	171,5	1,543	1,830	2,370
26 septembre.....	170,4	1,220	1,443	1,330
30 septembre.....	170,5	1,227	1,460	1,347
1er octobre. 110°.....	170,5	1,200	1,447	1,303

Échantillon (*c*). — Résultats analogues à (*a*).
Observations successives sur un même échantillon.

Date.	L.	H.	M.	B.
27 septembre.....	18,91	1,54	1,907	1,813
28 septembre (5 jours à l'air)..	18,81	1,303	1,367	1,453
30 septembre.....	18,75	1,33	1,373	1,483
17 octobre (10 heures à 110°)...	18,74	1,233	1,340	3,360

2. *Dessiccation immédiate à* 110°, puis reprise d'eau à l'air ordinaire, aux dépens de la vapeur qu'il renfermait.

Échantillon (*d*) : Observations successives sur un même échantillon.

	L.	H.	M.	B.
21 septembre. — État initial..	193,7	1,633	1,657	1,583
Puis 6 heures à 110°.....	192,6	1,073	1,267	0,940
Après remise à l'air pendant 4 jours.....	192,6	1,110	1,250	0,953

Échantillons (*e*) et (*f*). — Résultats analogues. Dans l'expérience (*f*) : la tige s'était tordue en spirale, ce qui rendait les mesures plus difficiles et plus incertaines.

3. Voici maintenant une expérience dans laquelle la tige séchée à 110° a été enfermée, dans l'étuve même, à l'intérieur d'un tube de verre clos d'un côté et ouvert par l'autre bout, susceptible de recevoir un bouchon à l'émeri. On y a placé la tige végétale, en maintenant un bout ouvert, jusqu'à dessiccation. On a ajouté le bouchon de verre dans l'étuve même; puis on a extrait le tout de l'étuve et on l'a laissé refroidir.

Ensuite le tube a été disposé de façon à maintenir son axe vertical, et par

conséquent la tige. Les mesures ont été prises dans ces conditions, qui excluent toute reprise d'humidité atmosphérique pendant le refroidissement.

	L.	H.	M.	B.
24 septembre. — État initial.....	15,80	1,520	1,437	1,353
On maintient la tige dans une étuve à 110° pendant 2 heures et on la mesure en vase clos.....	15,63	1,100	1,401	1,017
Puis on place la tige dans un air saturé d'humidité à 15°, pendant 2 heures.....	15,70	1,127	1,037	1,017
On l'abandonne ensuite, pendant 1 heure 30 minutes, à l'air libre non saturé d'humidité.....	15,73	1,113	1,053	1,087
Après 2 jours, toujours à l'air libre.....	15,72	1,107	1,07	1,087

4. *Tiges traitées par les dissolvants neutres, à froid, d'une façon successive.*

Échantillon (g) :

	L.	H.	M.	B.
22 septembre. — État initial.....	139,4	1,727	1,627	1,837
Tige plongée dans l'éther 15 minutes, puis abandonnée à l'air libre pendant 15 minutes.....	137,3	1,693	1,637	1,827
La même tige plongée ensuite dans l'alcool absolu pendant 30 minutes, puis 30 minutes dans un courant d'air.....	138,3	1,557	1,597	1,813
La même plongée ensuite dans l'eau distillée pendant 30 minutes, essuyée avec du papier buvard, et mesurée telle quelle, c'est-à-dire humide.....	137,9	1,650	1,633	1,807
La même séchée ensuite à 110°.....	137,8	1,257	»	1,233
La même après 4 jours de séjour à l'air libre.	138,2	1,403	»	1,317

Il résulte de ces observations que :

1° La tige de Fétuque n'éprouve dans *sa longueur*, c'est-à-dire dans le sens des fibres ou vaisseaux, que des *variations très faibles* par la dessiccation, soit à l'air, soit à 110°; ainsi que par les traitements au moyen des dissolvants neutres, et même par l'humectation.

2° Au contraire, le *diamètre des tiges est modifié notablement* au cours de ces différentes manipulations. Il a diminué de 10 à 20 centièmes, suivant les échantillons, par simple dessiccation à l'air.

La diminution peut s'élever au quart et même au tiers, par la dessiccation à 110°.

Cependant, l'effet de ce dernier terme de dessiccation est d'ordinaire fort inférieur au premier; parfois cependant il en diffère à peine.

La variation de dimension au nœud est très forte.

3° Les variations de diamètre sont beaucoup plus faibles que les variations de la dose d'eau perdue au cours des mêmes traitements. Ces dernières variations sont, d'ailleurs, fort accusées à l'air; surtout pendant les premiers jours.

4° *Après que la plante a été séchée à* 110°, *son diamètre change très peu par la reprise d'humidité à l'air ordinaire.*

5° D'après les mesures, la tige de Fétuque est sensiblement circulaire et elle demeure telle pendant les différentes phases de sa dessiccation.

6° D'après le calcul géométrique, les *variations de diamètre répondent à des changements considérables dans la capacité du vide intérieur des tiges :* un tiers, par exemple, pour les dessiccations à froid et moitié à 110°. Or ces diminutions sont à peu près définitives, d'après ce qui vient d'être dit.

7° De là diverses conséquences pratiques fort importantes, relatives soit à la *diminution de l'espace occupé* par une certaine masse de plante verte, qui se dessèche, dans des conditions égales de compression bien entendu; soit à la *puissance absorbante* du foin, ou des pailles de céréales employées comme litières, couvertures, etc.

8° Les tiges, traitées par des dissolvants neutres divers, particulièrement par l'alcool absolu, éprouvent des contractions remarquables, quoique bien moindres que par la dessiccation à 110°. Cet effet doit être dû en partie à ce que l'alcool extrait de la plante une dose considérable de l'eau qui y était renfermée; car le lavage ultérieur à l'eau distillée rétablit en grande partie la dimension antérieure.

L'action des acides ou des alcalis est, comme on le sait, beaucoup plus profonde. Mais elle altère la constitution chimique de la matière végétale.

II. — Blé (*Triticum sativum*).

Il m'a paru utile de comparer les modifications des tiges fraîches d'une plante vivante, telle que la Fétuque, avec celles des tiges anciennes, coupées après maturité, déjà séchées spontanément et appartenant à la même famille : le

Blé. J'ai opéré sur des tiges recueillies en 1904 et, comme terme de comparaison plus éloigné, en 1903; toujours dans mes champs de cultures de Meudon.

1. *Paille de Blé de* 1904. — Variation d'état hygrométrique et de température. — *Échantillon* (*a*).

	L.	H.	M.	B.
21 septembre 1904. — État initial.....	87,8	3,170	2,970	2,970
24 septembre. — Après 3 jours de dessiccation en présence de SO^4H^2 concentré.....	87,5	3,060	2,953	2,870
26 septembre. — On avait placé ensuite la paille dans un air saturé d'humidité (14°-15°) pendant 2 jours.....	87,7	3,167	3,033	2,923
On l'a desséchée ensuite à 110° (4 heures)....	87,2	3,017	2,907	2,847
Puis on l'a exposée à l'air libre (5 jours).....	87,8	»	2,943	2,930

La longueur ne varie guère. Le diamètre, dans les opérations faites à la température ordinaire, suit à peu près le changement dans l'état hygrométrique. A 110°, il devient minime. Mais il reprend à peu près sa grandeur initiale, lorsqu'on remet le Blé à l'air ordinaire; contrairement à ce qui a été observé sur la Fétuque.

Échantillon (*b*). — Résultats analogues.

Échantillon (*c*). — Feuille engainante. Sa longueur (66,6 initiale) est restée à peu près constante au cours des mêmes épreuves; mais les déformations produites par la dessiccation n'ont pas permis de mesurer exactement les diamètres.

2. *Paille de Blé de* 1903. — La longueur est demeurée également à peu près constante, malgré les changements de dessiccation. Les diamètres ont moins varié que pour la paille de 1904, et d'une façon moins régulière.

III. — Maïs (*Zea Maïs*).

Les tiges de cette Graminée sont plus volumineuses que celles du Blé. Elles contiennent une moelle légère, qui en remplit le canal intérieur. La mesure des diamètres sur une section normale à l'axe vertical a dû être effectuée suivant deux directions rectangulaires, en raison de leur forme elliptique; c'est-à-dire suivant deux axes horizontaux, l'un maximum, l'autre minimum.

1. *Tiges de maïs fraîches.* — Séchées à l'air, puis à 110°.

Échantillon (*a*).

Date.	L.	H (1).		M (1).		B (1).	
21 septembre. — État initial...	176,9	4,453	3,827	4,263	3,737	4,317	3,727
22 septembre. — Après 5 jours à l'air.....	176,5	3,923	3,357	3,650	3,123	3,033	2,657
30 septembre. — Après 4 jours dans un air saturé d'humidité.	176,6	3,933	3,380	3,677	3,157	3,084	2,687
Puis à 110° (10 heures)..... ..	176,6	3,927	3,377	3,713	3,170	3,063	2,647

Le rapport entre les deux axes rectangulaires a été trouvé sensiblement constant et égal à 1,16 aux trois points H, M, B, aux différentes phases de la dessiccation. L'ellipse se transformait donc, en demeurant à peu près semblable à elle-même.

Échantillons (*b*) et (*c*). — Résultats semblables.

2. *Tiges de maïs fraîches,* séchées d'abord à 110°, puis exposées à l'air ordinaire. — *Échantillon* (*d*) :

	L.	H.		M.		B.	
État initial.....	176,5	5,637	3,400	5,400	4,773	5,240	4,667
110° (6 heures).....	175,3	4,643	4,133	4,563	3,300	3,300	2,837
Puis 4 jours à l'air...	176,0	4,667	4,193	4,650	»	3,333	2,907

Cette fois le rapport des axes n'est demeuré constant et égal à 1,17 que vers le bas de la tige B; la dessiccation brusque vers 110° ayant aplati presque partout l'ellipse.

Échantillons (*e*) et (*f*). — Résultats analogues.

D'après ces chiffres :

1° La longueur demeure sensiblement constante, comme avec le Blé et la Fétuque, malgré les changements de siccité.

2° La dessiccation spontanée à l'air ramène les diamètres à des valeurs à peu près les mêmes que la dessiccation à 110°. Le contact ultérieur de l'air plus ou moins chargé d'humidité les modifie peu et ne les ramène pas vers l'état initial.

Ces observations sont analogues à celles de la Fétuque.

---

(1) Deux diamètres rectangulaires, l'un maximum, l'autre minimum.

IV. — Gynerium argenteum : Graminées.

L'étude des feuilles fraîches de cette plante a donné lieu à une recherche nouvelle, celle des variations d'épaisseur. Les feuilles sont fort longues ($0^m,50$ à $1^m,0$ pour la plante étudiée) et d'une largeur notable (12^{mm} à 16^{mm}).

Les variations de longueur sont faciles à mesurer, mais non celles de largeur, à cause des déformations produites par la dessiccation. Mais il a été facile d'étudier les variations de l'épaisseur, toujours à des points de repère bien définis.

1. Feuilles vertes fraîches de *Gynerium*, à l'air ordinaire.

Échantillon (*a*).

Date.	Longueur.	Épaisseur H.	Épaisseur B.
21 septembre	181,8	0,443	0,516
26 septembre 1904. — Après 5 jours à l'air ordinaire	180,0	0,353	0,333
30 septembre 1904. — Après 4 jours dans un air plus humide	180,3	0,343	0,330

Échantillons (*b*) et (*c*). — Résultats analogues.

2. Feuilles vertes. Dessiccation à 110°, puis exposition à l'air.

Échantillon (*d*).

	L.	H.	B.
État initial	190,6	0,417	0,390
110° (8 heures)	190,3	0,297	0,243
Puis 4 jours à l'air	190,1	0,307	0,260

Échantillons (*e*) et (*f*). — Résultats analogues.

Voici la marche parallèle de la dessiccation, aux mêmes dates et dans les mêmes conditions, pour un échantillon pareil :

100 parties séchées à 110° étaient unies à froid avec 182 parties d'eau.	
100 parties (sèches) retenaient en plus, après 10 jours de dessiccation à froid	15,0 eau
100 parties séchées à 110° ont repris en 16 jours à l'air	16,3 »

Ces feuilles avaient perdu :

	Eau totale en centièmes.
Le 23 septembre (2 jours)	52,5
Du 23 au 26 septembre (5 jours)	33,5
Du 6e au 9e jour	5,5
Du 9e au 10e jour	0,2
	91,8
Il restait : eau évaporable à 110°	8,2
	100,0

Cette marche est semblable à celle de la dessiccation des tiges de Fétuque, relatée plus haut.

Ainsi :

1° La longueur varie à peine, malgré le changement d'hydratation;

2° L'épaisseur de la feuille diminue d'un cinquième et même d'un tiers par la dessiccation, soit à l'air ordinaire, soit à l'étuve vers 110°. Cette dernière produit un effet plus considérable.

L'effet produit est permanent; la feuille ne regagnant pas d'épaisseur à froid, au contact de l'air même humide.

En résumé, les effets observés sur les feuilles de *Gynerium* sont conformes d'une façon générale à ceux qui ont été exposés sur les tiges de la Fétuque et du Maïs. Ils sont tout à fait analogues en ce qui touche la *constance de la longueur de la tige;* malgré les changements éprouvés dans l'état d'hydratation depuis la plante verte, tandis qu'elle perd les deux tiers de son poids d'eau, et davantage, en desséchant à froid et à 110°, et tandis qu'elle en regagne une portion, par absorption consécutive de vapeur d'eau au contact de l'air.

Au contraire, les *dimensions latérales de la tige* prise dans son ensemble (Fétuque, Maïs) et par suite la *capacité du vide intérieur,* diminuent suivant une proportion considérable pendant les dessiccations. Si l'on observe que les variations des diamètres sont proportionnelles à celles de la largeur de la tige développée parallèlement à son axe sur une surface plane, il en résulte que ces variations correspondent en réalité à celles de la seconde dimension dans l'espace (largeur). L'épaisseur de la paroi de la feuille (*Gynerium*), c'est-à-dire la troisième dimension, éprouve des variations analogues par l'effet des dessiccations.

On peut se rendre compte de cette opposition entre les changements de dimensions suivant la direction, en admettant que les fibres (c'est-à-dire le système vasculaire) conservent leur forme et longueur, parce qu'elles ne sont

pas combinées à proprement parler avec l'eau, ni susceptibles de l'absorber dans l'épaisseur de leurs parois, avec turgescence de celles-ci; tandis que cette turgescence se produit lorsque l'eau est au contraire particulièrement imbibée et combinée aux tissus conjonctifs. Cette différence concorde d'ailleurs avec la résistance beaucoup plus considérable des fibres aux divers réactifs chimiques et aux agents de fermentation, mis en œuvre pour la préparation, le nettoyage et le blanchiment des matières végétales, employées dans la fabrication des tissus et des papiers. Ainsi, il y a corrélation entre les propriétés physico-chimiques des organes végétaux qui viennent d'être constatées et leurs applications industrielles.

V. — Papier.

Rapportons maintenant, comme terme de comparaison, quelques observations relatives aux variations de dimensions du papier, fabriqué avec des produits d'origine végétale.

1. *Échantillon* (*a*). — Papier à filtre, blanc, sans cendres appréciables. Eau retenue à froid : 6 centièmes du poids sec.

	Longueur.	Largeur.	Épaisseur (à $0^{mm},01$ près).
	mm	mm	mm
État initial.....	121,9	45,0	0,110
Séché à 110° (3 heures).....	121,9	45,0	0,112
Puis exposé à l'air 24 heures.	121,9	45,1	0,110

Échantillon (*b*). — Résultats semblables.

2. *Échantillon* (*c*). — Papier à filtre, blanc, ordinaire. Eau retenue à froid : 6 centièmes.

	Longueur.	Largeur.	Épaisseur (à $0^{mm},01$ près).
	mm	mm	mm
État initial.....	133,7	54,1	0,100
Séché à 110°.....	132,0	53,6	0,100
Puis 24 heures à l'air.....	133,2	53,8	0,100

Échantillon (*d*). — Résultats analogues.

3. Papier blanc collé (écolier).

	Longueur.	Largeur.	Épaisseur (à $0^{mm},01$ près).
	mm	mm	mm
État initial.....	129,4	50,0	0,080
Séché à 110°.....	128,7	50,7	0,080
Puis 24 heures à l'air.....	129,3	50,3	0,080

Ces chiffres montrent que les papiers examinés varient à peine de dimensions et d'épaisseur suivant les différentes directions, par l'effet des changements de dessiccation définis au présent Mémoire. Il en résulte que l'élasticité, la ténacité, la résistance aux efforts de rupture sont à peu près les mêmes en tous sens, pour des papiers de ce genre. Ce résultat, fort important pour les applications, paraît attribuable à deux circonstances :

1° Les manipulations exécutées au cours de la fabrication de ces papiers ne doivent pas altérer la résistance, c'est-à-dire la constitution physico-chimique de la fibre végétale, constitution qui ne dépend qu'à un faible degré de la dose hygrométrique;

2° Au cours de la fabrication, dans les conditions industrielles ordinaires, cette fabrication avait été dirigée de façon à répartir dans la pâte, autant que possible, les fibres uniformément, comme quantité relative et surtout comme distribution suivant toutes les orientations.

Il n'en serait pas de même si le mouvement des toiles métalliques ou des formes, sur lesquelles on étend la pâte, avait été exécuté de façon à orienter les fibres parallèlement entre elles. Dans ce cas d'ailleurs, l'expérience montre que l'élasticité et la résistance aux efforts de rupture sont très inégales dans les différentes directions.

En tout cas, la similitude apparente d'un morceau de papier, ou de filtre, séché à l'étuve, avec le même papier exposé à l'air, ne garantit en aucune façon la constance de son poids : circonstance qui ne doit jamais être oubliée lors de l'emploi comparatif des *filtres tarés* dans les analyses chimiques.

DEUXIÈME SECTION.

NOTICES RELATIVES A L'HISTOIRE DES SCIENCES.

I. — Les classifications et les symboles chimiques dans l'antiquité et au moyen âge.

On sait combien les idées de classification jouent un rôle important dans la Chimie de notre temps. Peut-être ne sera-t-il pas superflu de montrer que ce rôle n'était pas moindre autrefois et qu'il paraît lié avec la nature même des idées fondamentales de cette science.

A première vue, la lecture des Traités qui nous restent des alchimistes grecs, dans leur langue, n'y met pas en évidence le rôle de la classification : cependant on ne saurait le contester, d'après l'examen des signes et symboles représentatifs employés dans ces Traités.

Parlons d'abord des signes, avant d'examiner d'une façon plus approfondie la classification proprement dite. Les listes des signes débutent par celle des métaux : or, argent, électrum (regardé comme un métal spécial), plomb, fer, cuivre, étain; et chaque métal est accompagné par la suite de ses dérivés : poudre, feuille, minerai, rouille (oxyde); métal brûlé, alliages : j'ai développé ces symboles et ces relations dans un autre Ouvrage (1), où les signes sont publiés en photogravures. La classification par métaux domine donc tout le

(1) *Introduction à la Chimie des anciens*, p. 92. Steinheil, 1889.

système. Mais, en Chimie, les signes et les classifications ont toujours été associés à un certain mysticisme et à des combinaisons numériques, depuis la plus haute antiquité jusqu'aux temps les plus modernes.

Dès le temps de Babylone, les métaux étaient mis en connexion avec les planètes par des considérations astrologiques, et le nombre sacramentel sept servait de lien entre les deux ordres. Quand l'électrum disparut de la liste des métaux, au VI^e^ siècle, le mercure, jusque-là mis à part, le remplaça.

Ces notations n'étaient pas subordonnées à l'emploi de la langue grecque; car elles sont fidèlement reproduites dans les Alchimies syriaques (1). On y trouvera la description (p. XIII de l'Introduction) et la transcription même (p. 3 à 13) des symboles des manuscrits, laquelle montre la filiation étroite de la science syriaque avec la science grecque, dont elle n'est guère que la traduction.

Cette première transmission des signes mérite d'autant plus d'attention qu'elle s'est arrêtée là tout d'abord et n'a pas été adoptée par les alchimistes arabes. Dans les textes arabes que je viens de publier également (2), une seule page, d'un caractère astrologique (3), renferme six de ces signes; mais ils ne sont pas employés dans le texte et ne se lisent pas ailleurs, quoique les relations supposées entre les planètes et les métaux n'aient pas cessé d'avoir cours.

Les premiers alchimistes latins, aux XII^e^ et XIII^e^ siècles, traducteurs des Arabes, n'emploient pas davantage les signes alchimiques; non plus que les auteurs encyclopédiques du temps, tels que Vincent de Beauvais et Albert le Grand. La *Mappæ Clavicula*, Ouvrage qui représente une tradition technique indépendante des Arabes et antérieure à eux (4), n'a pas non plus de signes; bien qu'il en soit fait mention dans une table des matières répondant à des articles aujourd'hui disparus de cet Ouvrage (5), lequel était déjà connu aux débuts du IX^e^ siècle de notre ère (6).

C'est seulement lorsque les auteurs alchimiques grecs commencèrent à être connus de nouveau, au XV^e^ et XVI^e^ siècles, que leurs signes reparurent dans les manuscrits et dans les livres imprimés.

L'existence et la disposition systématique des signes des métaux semblent impliquer que l'histoire chimique de ces derniers devait être exposée suivant des règles analogues. Cependant cette induction n'est pas confirmée par les

---

(1) *La Chimie au moyen âge*, t. II : *Alchimie syriaque.*

(2) *La Chimie au moyen âge*, t. III : *Alchimie arabe.*

(3) *Idem*, p. 47.

(4) *La Chimie au moyen age*, t. I : *Essai sur la transmission de la science antique au moyen âge*, p. 23.

(5) *Idem*, p. 55.

(6) *Voir* le présent volume, plus loin.

titres des quatre Traités antiques attribués à Démocrite, Traités qui avaient pour titre : le travail de l'or (Chrysopée), le travail de l'argent (Argyropée), le travail des pierres précieuses artificielles, enfin le travail de la pourpre. Ces quatre livres constituent à proprement parler le premier Manuel de Chimie connu. Le philosophe grec avait-il écrit un semblable Ouvrage? ou bien est-ce uniquement l'œuvre de son pseudonyme? C'est ce que nous ne saurions décider : une partie de l'Ouvrage du pseudo-Démocrite est parvenue cependant jusqu'à nous et c'est le point de départ des études des alchimistes grecs. Or la classification précédente des quatre livres de cet Ouvrage attribué à Démocrite n'a rien de scientifique.

Le vieux livre hermétique égyptien de la Chimie, intitulé *Chema,* se composait de 24 sections intitulées *Imos, Imouth, Face, Clef, Sceau, Manuel, Époque* (1). Il a servi de point de départ aux travaux de Zosime et des autres; mais le plan nous en est inconnu.

Au contraire, une classification rationnelle et conforme à la disposition des signes se trouve très clairement indiquée dans les Traités de Zosime, conservés par leurs traductions syriaques.

Ces Traités existent en effet dans un manuscrit de la Bibliothèque de l'Université de Cambridge, dont j'ai publié une analyse et des extraits très étendus, avec la collaboration de M. Rubens Duval (*La Chimie au moyen âge,* t. II, *Alchimie syriaque;* p. 210 à 308).

Les Livres I et II sont consacrés au *Travail de l'Argent* et de ses teintures, ou colorations, en blanc, en noir, en bleu, en couleur d'or, en rouge vineux, en rose, en vert; teintures durables ou fugaces, exécutées par enduit ou par fusion.

Puis on passe aux Livres VI et VII : *Travail du Cuivre :* cuivre noir et cuivre blanc, cuivre couleur de feu, couleur de corail, cuivre jaune, cuivre de couleur corinthienne, cuivre de couleur d'or et d'argent.

Le Livre VIII traite du *Travail de l'Étain.*

Le Livre IX parle du *Travail du Mercure* et de ses amalgames, fabriqués avec l'or, l'argent, le cuivre, l'étain, le plomb. Ce livre décrit la fabrication du mercure métallique à froid, au moyen du cinabre, broyé avec de l'eau, du sel, de l'alun, etc., dans un mortier d'étain, ou bien dans un mortier de plomb; ailleurs, il est dit, dans un vase de cuivre.

Le Livre X est consacré au *Travail du Plomb,* qui comprend aussi l'étain, appelé *plomb blanc.* Ce livre parle de la litharge, de la céruse, des alliages du plomb, spécialement avec le cuivre.

Dans le Livre XI, il est question du *Travail du Fer,* de sa dorure, de sa soudure, de sa teinture.

---

(1) *La Chimie au moyen âge,* t. II, p. 238.

Enfin le Livre XII termine par le *Travail de l'Électrum,* alliage d'or et d'argent, tenu alors pour un métal propre, doué de propriétés magiques et merveilleuses.

On voit par ces détails que la base de la classification de Zosime est fondée simplement sur les métaux, auxquels il joint les diverses préparations dont ils étaient l'objet dans l'industrie de son temps. Elle est conforme aux inductions tirées de la disposition des signes.

Cette classification a dû subsister pendant un certain temps et servir de type aux Ouvrages analogues. En effet, nous en retrouvons la trace dans une compilation latine, intitulée *Mappæ Clavicula,* qui existait déjà au début du IX^e^ siècle et dont nous possédons un manuscrit du X^e^ siècle, c'est-à-dire antérieur à l'influence arabe (1). La première partie de cette compilation forme un véritable Traité, relatif au travail des métaux précieux, et reproduisant en traduction littérale plusieurs textes grecs du papyrus de Leyde (découvert dans un tombeau à Thèbes, au XIX^e^ siècle) et de la Collection des alchimistes grecs (inédite avant ma publication). Les manuscrits grecs que nous possédons aujourd'hui ne sont évidemment pas ceux qui ont pu être connus par l'écrivain latin. Mais il a dû traduire des textes similaires. Une telle identité prouve donc l'existence des traditions alchimiques dans l'Occident latin, dès la fin de l'empire romain et pendant le cours de la première période du moyen âge; traditions relatives à l'or et à l'argent et aux alliages destinés à les imiter et à les falsifier.

En somme, cette partie de la compilation latine est analogue à la Chrysopée et à l'Argyropée du pseudo-Démocrite. Elle était suivie par d'autres articles, malheureusement perdus, mais dont nous possédons la table. Or les titres en sont sensiblement les mêmes que ceux de l'Ouvrage de Zosime, que je viens de résumer, et il est probable qu'ils renfermaient des recettes pareilles, sinon la traduction du texte de Zosime lui-même. En fait, on y lit d'abord (2) des articles sur le travail du cuivre, sa teinture, sa manipulation;

Puis des articles similaires sur le travail du fer;

Sur le travail du plomb;

Sur le travail de l'étain.

Cette première classification s'est maintenue dans différents Traités pratiques, écrits par les Arabes et les Latins au moyen âge, et elle était trop naturelle pour n'être pas venue jusqu'à nous; avec cette circonstance toutefois que les corps compris autrefois sous le nom de *plomb* ont été partagés entre plusieurs métaux nouveaux.

Déjà les anciens distinguaient le *plomb noir,* ou plomb proprement dit, du

(1) *La Chimie au moyen âge,* t. I, p. 26 et suivantes. — Le présent volume, plus loin.

(2) *La Chimie au moyen âge,* t. I, p. 51.

plomb blanc ou étain, et cette distinction, imparfaitement faite dans Pline, était définitive chez les Grecs du IIIe siècle de notre ère.

Le caractère métallique de notre antimoine avait aussi été entrevu dès l'époque de Dioscoride; mais on l'assimilait au plomb noir, et la distinction n'en a pas été clairement faite avant le XVe ou XVIe siècle.

De même le zinc, le bismuth, etc. De là bien des confusions, contre lesquelles le lecteur des vieux Traités doit se tenir en garde.

En définitive, les métaux et leurs dérivés ont formé la base de la première classification chimique, telle qu'elle nous est connue par plusieurs textes grecs et latins.

En regard avec les métaux ou *corps*, fusibles et réputés fixes par essence à l'égard du feu, les Arabes opposèrent deux autres groupes de substances, les *esprits*, ou matières volatiles, et les *pierres*, ou matières fixes et infusibles.

« Le feu, d'après un auteur arabe, liquéfie les corps sans les faire disparaître; tandis que les esprits sont volatilisés par le feu. Le nom de *corps* s'applique justement aux métaux, parce que ceux-ci sont épais, tandis que les *esprits* sont légers; les corps retournent vers leur principe terrestre, et les esprits s'envolent vers leur principe céleste (1). »

Les esprits, disait-on, pénètrent les corps métalliques sous l'influence de la chaleur et en modifient les propriétés.

La classe des esprits en comprenait d'abord quatre : le soufre, l'arsenic (sulfuré), le sel ammoniac et le mercure. Ce dernier participait par d'autres caractères à la classe des métaux et en était réputé le générateur, dès le temps de Synésius et de Zosime. Mais le nombre des esprits s'accrut bientôt jusqu'à sept, par raison de symétrie. Dans un Traité arabe, écrit en syriaque vers le XIIe ou XIIIe siècle, ce sont : le mercure, le sel ammoniac, l'arsenic rouge (réalgar), l'arsenic jaune (orpiment), le soufre jaune, le soufre rouge, le soufre blanc. Sous le nom de *soufres*, on confondait alors notre soufre commun avec divers sulfures métalliques; le mot soufre blanc exprimait les oxydes blancs résultant du grillage, tels que l'acide arsénieux (2).

La classe des pierres se partageait en deux groupes : les pierres qui contiennent des esprits et se volatilisent en partie; les pierres qui ne contiennent pas d'esprits et ne sont pas volatiles. Les premières étaient en réalité des substances susceptibles de fournir des sublimés ou des vapeurs, sous l'influence du feu, aidée au besoin par le concours de l'air, dont on ne comprenait pas alors exactement le rôle chimique.

(1) *La Chimie au moyen âge*, t. II, p. 159.
(2) *La Chimie au moyen âge*, t. II, p. 144 et note 1.

On remarquera combien cette classification s'écarte des anciennes descriptions de minéraux et de produits employés en matière médicale, telles que nous les lisons dans Dioscoride et ses continuateurs. Il s'agit bien de caractères chimiques, fondés sur des réactions rattachées à des principes généraux.

Pour en continuer le développement, toujours subordonné au nombre sacramentel sept, qui joue ici le rôle des périodes dans la classification moderne des corps simples, nous ajouterons que, suivant l'écrivain, sept pierres contiennent des esprits, sept autres n'en contiennent pas, et sept autres sont des produits artificiels, résultant de l'art du chimiste.

Les sept pierres qui contiennent des esprits, d'après notre auteur, sont : la marcassite, la magnésie, l'antimoine (sulfuré), l'hématite, le minerai magnétique, le vitriol, le sel. Chacune de ces catégories représente un genre. Ainsi :

1° Le *genre marcassite* est subdivisé lui-même en sept espèces, qui sont nos pyrites, ou sulfures métalliques : marcassite dorée, argentée (pyrite blanche), ferrugineuse, marcassite de cuivre, de plomb, d'étain, de cuivre rouge. Et l'auteur ajoute : toutes les marcassites peuvent fournir une chaux blanche et un liquide distillé. Cette indication implique l'action de la chaleur combinée avec le grillage, dont la théorie était ignorée à cette époque.

2° Le *genre magnésie* se subdivise aussi en sept espèces; aucune d'ailleurs n'a rien de commun avec la magnésie d'aujourd'hui (1). Ce genre contenait notre manganèse, certains oxydes de fer, certains sulfures naturels et certains oxydes métalliques, tels que l'oxyde de zinc, qui se subliment dans les grillages, et que l'on appelait aussi *tuties* ou *cadmies*. Il est difficile d'identifier davantage les espèces de l'auteur arabe, faute d'une description précise.

3° Le *genre antimoine* (sulfuré) comprenait également sept espèces, distinguées suivant leur lieu de provenance.

4° La *pierre magnétique,* sept espèces, savoir : la pierre magnétique du fer, celles de l'or, de l'argent, du cuivre, de l'étain, du mercure, du plomb. « Chacune d'elles attire le métal correspondant, comme la pierre magnétique du fer. »

On voit qu'il s'agit ici d'êtres en partie imaginaires; ce préjugé des aimants spéciaux à divers métaux existe déjà chez les alchimistes grecs.

5° L'*hématite,* par exception, ne comprend que deux espèces, le minéral mou ou femelle et le minéral dur ou mâle.

---

(1) *Introduction à la Chimie des Anciens,* p. 221 et p. 255.

6° Le *genre vitriol* embrasse sept espèces : le vert, le jaune, le rouge, le calcant, le colcotar, le calcidis, le noir. Dans un autre passage, l'auteur entre dans plus de détails et distingue : le vitriol jaune, massif et solide; le jaune, qui a des yeux dorés et sert aux orfèvres; une espèce mêlée de poussière, employée par les cordonniers et teinturiers; le vitriol vert ou calcant; le vitriol jaune ou calcantar; le vitriol rouge, sori ou sériçon, de Chypre; le vitriol lavé par l'eau courante dans les usines et que l'évaporation agglomère.

Ces descriptions ne sauraient être identifiées avec aucun de nos sulfates définis de fer, de cuivre ou de zinc. Mais elles s'appliquent aux produits multiples, obtenus par l'altération spontanée des pyrites de fer ou de cuivre, produits dont on retirait des sulfates de fer, à divers degrés d'oxydation et de basicité, employés par les teinturiers et les chimistes. Le sulfate de cuivre était le seul que l'on sût purifier par cristallisation.

7° Le *genre sel* comprenait sept espèces naturelles : le sel des aliments, le sel des orfèvres ou sel amer (renfermant des sels magnésiens), le sel d'Andar (sorte de sel gemme), le sel de naphte (sel gemme imprégné de pétrole), le sel du Chorassan, le sel indien, le natron.

Le même genre comporte aussi sept espèces artificielles : le sel alcalin (1), le sel d'arsenic ou fleur de sel (acide arsénieux), le sel d'urine, le sel végétal (carbonate de potasse), le sel de bois et de cendres (potasse caustique), le sel de mur (salpêtre), le sel de tinkar (borax et fondants congénères).

Mais toute classification est imparfaite, et bien des choses connues du classificateur échappent d'ordinaire à ses cadres. C'est ainsi que le Traité que je résume ajoute, après les sept genres de pierre, deux autres genres : les *aluns* et les *borax*.

Les *aluns* brûlent les corps (métalliques) et fixent les esprits; ils comprennent sept espèces : l'alun blanc de l'Yémen ou alun lamelleux; l'alun blanc employé pour les fils à coudre; l'alun saccharin, blanc et dur, du Tabaristan; l'alun syrien, mêlé de terre et de pierre; l'alun liquide, rougeâtre (c'était sans doute une eau mère incristallisable provenant de quelque pyrite); l'alun jaune sale; l'alun blanc solide. Ces noms, dont plusieurs sont ceux des lieux de provenance, offrent quelques variantes. Ils comprenaient non seulement notre sulfate d'alumine et de potasse, mais divers sulfates alumineux et métalliques impurs.

Les *borax* étaient les fondants alcalins des orfèvres. Ce mot a été détourné de son sens au XVIII^e^ siècle, pour être appliqué à l'un de ces corps en particulier, corps dont la connaissance au moyen âge est douteuse. Il comprenait au

(1) Carbonate de soude impur ?

XIII^e siècle : le borax du pain, en gros morceaux durs (employé alors par les boulangers en Égypte, pour donner du lustre à la croûte du pain); le natron, plus rougeâtre; le borax des orfèvres, blanc (employé pour protéger les soudures); le salpêtre qui se trouve au pied des murs; le borax écumeux, rougeâtre, le meilleur de tous; le borax du saule (?) et le tinkar ou borax travaillé, employé par les artisans.

Après cette énumération de la classe des sept genres de pierres qui contiennent des esprits, l'auteur signale la classe des sept pierres qui ne contiennent pas d'esprit, savoir : le talc, le koheul, la nacre, le cristal, la malachite, le lapis-lazuli, l'agate.

Il y a aussi, dit-il, sept pierres qui entrent dans notre travail (chimique) : la cadmie, la litharge, le minium, la céruse, le sel alcalin, la chaux calcinée, le verre, ainsi que les pierres formées avec le plomb.

Rentraient aussi dans ce travail : le cinabre, le vert-de-gris, le minium, le verre, l'émail, la graisse de laine, la graisse d'œuf, la graisse de misy.

C'est encore là une liste de substances hors cadre, que l'auteur ajoute par conscience et pour ne rien oublier.

Telles étaient les substances mises en jeu par un chimiste du XIII^e siècle. Notre auteur décrit ensuite en détail ses opérations, ses instruments et leur mise en œuvre. Mais ceci sort de la question des classifications.

Si je suis entré dans quelques détails sur l'Ouvrage que je viens d'analyser, c'est que c'est le seul Traité en langue arabe, venu à ma connaissance, qui renferme des détails précis et minutieux sur les substances et les opérations : les alchimistes arabes proprement dits, dont j'ai publié les œuvres dans le troisième Volume de ma *Chimie au moyen âge,* ont écrit des Ouvrages théoriques, remplis d'allégories et de déclamations, mais où manquent les détails positifs que je viens d'énumérer.

Le Traité exact et pratique ci-dessus peut être considéré comme le type de ceux qui sont parvenus en Occident au XIII^e siècle et dont nous possédons des traductions latines. Mais celles-ci sont pour la plupart restées manuscrites, parce que les éditeurs alchimiques du XVI^e siècle se sont attachés de préférence aux déclamations mystiques et charlatanesques des prétendus transmutateurs.

Je citerai comme modèle des écrits latins pratiques et méthodiques, congénères de celui que je viens d'analyser, un Traité contenu dans le manuscrit de Paris, n° 6514 (fol. 101-112) et mis sous le nom de *Bubacar,* c'est-à-dire probablement du célèbre Rasès (Abubechar Mahomet ben Zacharia Al Razi) dans les manuscrits latins. Mais rien n'assure que ce ne soit pas là, comme dans la plupart des cas de ce genre, une fausse attribution. En tout cas, l'Ouvrage est bien rédigé et intéressant. J'en ai donné l'analyse dans le tome I de l'histoire de *la Chimie au moyen âge* (p. 306-310).

En tout cas on n'y trouve aucune indication précise qui se rapporte soit à

l'acide sulfurique, soit à l'acide azotique, dont on a attribué la découverte aux Arabes, à tort et sur la foi de faussaires latins des XIV^e^ et XV^e^ siècles, qui ont mis en tête de leurs Ouvrages le nom respecté de Geber. Ces acides, d'après les textes authentiques que j'ai eus en main et publiés, n'avaient pas été isolés par les Arabes et leurs élèves latins au XIII^e^ siècle. Ils n'ont été distingués qu'un peu plus tard, en Occident, et leur connaissance exacte ne se dégagea que peu à peu jusqu'au XVI^e^ siècle.

II. — Sur les recettes techniques et alchimiques transcrites à la fin de divers manuscrits latins du moyen âge.

Il n'est pas rare de lire sur les dernières pages des manuscrits latins du moyen âge relatifs aux arts et aux industries, — tels que l'architecture, la peinture, la céramique, la métallurgie, l'orfèvrerie, la pharmacie, la médecine, les arts de la guerre, l'agriculture, etc., — des listes ou collections de recettes pratiques de toute nature. Ces listes présentent un intérêt tout particulier dans l'histoire des Sciences, non seulement parce qu'elles font connaître les procédés usités dans les ateliers et les fabrications contemporaines de la transcription des manuscrits, mais aussi parce qu'elles ont conservé la trace de Traités, aujourd'hui perdus, connus des copistes d'alors. Quelques-uns de ces Traités professionnels, tels que les *Compositiones ad tingenda* (VIII^e^ siècle), la *Mappæ Clavicula* (VIII^e^ ou IX^e^ siècle), le *De artibus Romanorum*, d'Eraclius, la *Schedula diversarum artium*, de Théophile, le *Liber sacerdotum*, les *Réceptuaires médicaux*, etc., sont venus jusqu'à nous et nous permettent de contrôler l'origine des recettes spéciales qui en ont été tirées. On constate ainsi que plusieurs de ces recettes sont d'origine beaucoup plus ancienne et remontent jusqu'à l'Empire romain et jusqu'aux traditions mêmes de la science grecque. C'est ainsi que j'ai constaté l'identité d'un certain nombre de ces recettes, jusque dans le dernier détail littéral, avec celles d'un papyrus alchimique gréco-égyptien trouvé à Thèbes et conservé aujourd'hui à la bibliothèque de Leyde. J'en ai retrouvé d'autres dans les textes des *Alchimistes grecs* que j'ai publiés, textes congénères de ceux du papyrus de Leyde et qui appartiennent, ainsi que je l'ai démontré, à la tradition antique des orfèvres et des fabricants d'alliages métalliques.

Il paraît utile de poursuivre la preuve de cette identité par l'examen des recettes finales, écrites sur la page de garde et sur les dernières pages des manuscrits. C'est ce qui m'engage à donner ici les résultats de mon étude sur le manuscrit latin 6830 F de la Bibliothèque nationale. Le manuscrit a pour titre *Palladii* (opus agriculturæ) *de Re rustica*. Il est sur parchemin, d'une

belle écriture du XII^e^ siècle. Ce traité de Palladius se termine au folio 78 recto par les mots : *Agricultura Explicit Palladii Rutilii Taurini Emiliani viri,* inscrits sur le côté gauche de la page.

A droite, le côté vide est rempli, sans laisser de blanc, par des recettes étrangères à Palladius, transcrites de la même écriture, par le même copiste; comme s'il les avait trouvées à la fin du manuscrit qu'il avait en main, sans se préoccuper du changement d'auteur et de matière. En voici la liste : j'y ai joint, d'après mes propres recherches, l'indication des Traités dont ces articles sont extraits.

Les deux premières concernent des matières colorantes employées en peinture.

1. *De hedera et lacca* (1). — Sur le lierre et la laque. — *Hederam poetæ atque antiqui artifices....* « Les poètes et les anciens artistes aimaient beaucoup le lierre, en raison de la connaissance qu'ils avaient de ses vertus secrètes, etc. »

Et à la fin : *Pelles arietum et caprarum roseo colore decorat.*

Cet article est la mise en prose d'un article de même titre, en vers, contenu sous le numéro VIII, dans le livre I du Traité d'Eraclius : *De coloribus et artibus Romanorum,* lequel débute par les mots :

Hujus enim frondem nimium coluere priores

jusqu'à

...roseo fit parcia tincta colore,
Quæ quoque caprinas, quæ pelles tingit ovinas.

Le texte mis en prose paraît exister d'ailleurs dans un manuscrit de Théophile, du British Museum (2).

Puis vient une recette de chrysographie, sujet fort en honneur chez les calligraphes qui ornaient les manuscrits.

2. *De aurea scriptura.* Sur l'écriture en lettres d'or.

Si quis scripturam querit sibi scribere pulchram,
Ex auro legat hoc quod vili carmine dico;

jusqu'à

...nitentem
Hanc nimium facias ursi cum dente ferocis.

---

(1) Titre en lettres rouges.

(2) *Original treatises, etc., arts of painting,* by Mrs Merrifield, t. I, p. 170.

Il existe dans les manuscrits et textes anciens un grand nombre de recettes analogues pour écrire en lettres d'or. Le numéro actuel n'est autre que l'article VII du livre I^er^ d'Eraclius, déjà cité, avec deux variantes sans importance. Pour expliquer le dernier vers, il suffit de rappeler que les anciens faisaient reluire les couleurs en les polissant avec un corps dur et spécialement avec une dent d'animal.

Voici maintenant deux recettes alchimiques de transmutation :

3. *Ex ære argentum vel Elidrium facies sic.* « Pour faire de l'argent ou de l'électrum avec le cuivre. »

Ce titre est à peu près le même que celui de l'article LXXXIII de la *Mappæ Clavicula,* qui ajoute *vel aurum.* Mais la recette inscrite au-dessous dans notre manuscrit est celle de l'article LXXXIV, dont l'objet est différent (1) et que voici :

Sumes minii solis (sic) *II, ex quo fit argentum vivum, quod aqua calida lavatur,* etc. On prend du cinabre, on le lave, puis on fond avec du minerai de cuivre, de l'argent et du plomb... et l'on obtient un produit splendide (*splendidius assignatum*).

La recette LXXXIII de la *Mappæ Clavicula* elle-même, qui répond exactement au titre ci-dessus, mérite une attention particulière. Elle se retrouve deux fois dans ce Traité (n^os^ XV et LXXXIII). Elle est reproduite dans les manuscrits latins 6514 (fol. 48, v°) et 7156 (fol. 136, v°) de la Bibliothèque nationale, et elle répond aux n^os^ 4 et 8 du Traité du pseudo-Démocrite des textes alchimiques grecs; elle reproduit même textuellement les dernières lignes de cet Ouvrage (2).

4. *Auri confectio.* Fabrication de l'or. *Accipies cuprum,* et à la fin : *et fiet mira* (3). Il s'agit d'une autre recette de transmutation (4); c'est la recette V de la *Mappæ Clavicula : Auri plurimi confectio,* avec quelques variantes légères.

Nous revenons ensuite dans notre manuscrit à la fabrication des couleurs employées en peinture.

5 et 6. *Viridis coloris confectio.* Fabrication d'une couleur verte avec le cuivre. Deux brèves recettes, formulées d'après l'emploi du miel et de l'urine,

---

(1) Le titre même de l'article LXXXIII, dans la *Mappæ Clavicula,* porte : « Pour blanchir l'argent noirci », et ne s'applique pas à la recette inscrite au-dessous.

(2) *La Chimie au moyen âge,* t. I, p. 79.

(3) Pour *mirabile.*

(4) Voir *La Chimie au moyen âge,* t. I, p. 33. J'y ai donné le commentaire de la recette.

appelée *lotium hominis;* elles se retrouvent au numéro LXXXXVI de la *Mappæ Clavicula.*

7. *Confectio lazur.* Fabrication du verdet, par l'action des vapeurs de vinaigre sur le cuivre exposé au soleil. C'est la recette CVI de la *Mappæ Clavicula.* Dans notre manuscrit, le copiste a écrit *patellam* (coquille) pour *petalum* (feuille).

8. *Compositio psimithi.* Fabrication de la céruse. C'est la recette CVII de la *Mappæ Clavicula.*

Suivent deux recettes d'architecture, intercalées comme par hasard.

9. *De dispositione fabricæ.*

10. *De fabrica in aqua.* Ces deux articles d'architecture sont encore empruntés à la *Mappæ Clavicula* (CI et CII), qui les a tirés de quelque auteur antique.

11. *De malta.* Sur le ciment. C'est l'article CIII de la *Mappæ Clavicula :* même observation.

Les recettes de chrysographie reparaissent ensuite.

12. *Auri inscriptio. Sanguinis draconis Indici,* etc. Écriture en lettres d'or avec le sang-dragon (résine). C'est la recette XLI de la *Mappæ Clavicula.*

. *Aliter.* Recette XLII de la *Mappæ Clavicula.*

14. *Auri scriptio sine auro.* C'est la recette XLIII de la *Mappæ Clavicula.* Cette recette était très répandue, car on la rencontre à peu près textuellement dans le *Compositiones ad tingenda,* manuscrit du VIII^e^ siècle (*La Chimie au moyen âge,* t. I, p. 16). Ce qui est plus remarquable, c'est qu'elle existe littéralement, sauf de légères variantes, dans le Papyrus grec de Leyde, cahier de recettes d'atelier d'un orfèvre, découvert au commencement de ce siècle, dans une momie, à Thèbes, en Égypte. J'en ai donné la traduction complète dans mon *Introduction à la Chimie des anciens,* p. 43, n° 74.

Rappelons que les mots *electrum* ou *elidrium* sont synonymes du mot grec *chelidonion.* Il s'agit d'une recette d'autant plus importante qu'elle permettait d'écrire sur parchemin, marbre ou verre, ce qui explique pourquoi elle était si répandue.

15. *Aliter.* C'est le numéro XLIV de la *Mappæ Clavicula.* La seconde ligne manque.

16. *Aliter sine auro.* C'est le numéro XLV de la *Mappæ Clavicula.* Ce numéro existe également dans le Papyrus de Leyde. (*Introduction à la Chimie des anciens,* p. 41, n° 58.)

17. *Scriptura in cartis, in marmore, vitro, aurei coloris.* Le texte est le même que celui du numéro XLVI de la *Mappæ Clavicula;* il ne mentionne pas les supports de l'écriture signalés dans le titre.

Puis vient la finale :

Explicit labor hujus libri, et explicit liber et est labor.

Ainsi les recettes qui figurent à la suite du Traité de Palladius sur l'agriculture, dans le manuscrit 6830 F de la Bibliothèque nationale, sont des recettes d'atelier, relatives à des sujets de peinture, d'enluminure, d'écriture en lettres d'or, d'architecture et d'alliages métalliques, fabriqués par des orfèvres alchimistes dans des vues de transmutation, réelle ou frauduleuse. Aucune de ces recettes n'est nouvelle, c'est-à-dire différente des recettes qui figurent dans des ouvrages déjà connus, tels que ceux d'Eraclius, de Théophile, les *Compositiones ad tingenda* et la *Mappæ Clavicula,* parmi les ouvrages latins. Plusieurs étaient déjà reproduites dans ces derniers, d'après les Traités grecs alchimiques du pseudo-Démocrite et les articles du Papyrus gréco-égyptien de Leyde; le seul qui soit venu jusqu'à nous parmi ces Traités, détruits par Dioclétien (1) parce que les Romains s'imaginaient qu'ils renfermaient des procédés susceptibles d'enrichir les Égyptiens et de faciliter leurs rébellions.

On voit que les destructions opérées à cette époque n'atteignirent pas leur but, c'est-à-dire l'anéantissement d'une science mi-partie réelle, mi-partie chimérique; attendu que les recettes se sont conservées, non seulement dans les textes du Papyrus de Leyde et des alchimistes grecs, mais dans les textes latins destinés aux arts et métiers de la fin de l'empire romain, textes qui forment la base des *Compositiones,* de la *Mappæ Clavicula* et une partie de la substance des compilations d'Eraclius et de Théophile. En particulier, les articles qui figurent dans le manuscrit latin 6830 F, quoique peu nombreux, méritent d'être relevés sous ce point de vue et comparés avec ceux de différents autres manuscrits, tels que les manuscrits latins 6514 et 7156 de la Bibliothèque nationale, manuscrits que j'ai déjà soumis à un examen approfondi sous ce rapport, dans le tome I[er] de mon histoire de *la Chimie au moyen âge.*

(1) *Origines de l'Alchimie,* p. 72-73.

Observons d'abord que les articles du manuscrit 6830 F ne paraissent pas y avoir été introduits spécialement par le copiste actuel. La façon dont ils sont ajoutés, comme formant partie du corps même du volume et suivis d'un *Explicit* final, applicable à l'ensemble, montre que ce copiste a reproduit un manuscrit plus ancien, dans lequel les recettes avaient été déjà transcrites à la suite du Traité de Palladius par le propriétaire du manuscrit; soit pour satisfaire sa curiosité personnelle, soit en vue de quelque usage technique.

La diversité même des sources de ces recettes s'accorde avec cette manière de voir; car elles sont tirées toutes, sans exception, de deux ouvrages, le Traité d'Eraclius et la *Mappæ Clavicula :* ce qui est une nouvelle preuve de la diffusion de ces derniers Traités à la fin du XIII^e^ siècle. Les citations qui se retrouvent dans les *Compositiones* et dans le *Papyrus de Leyde* n'ont passé dans le manuscrit 6830 F, ni directement, ni par quelque autre intermédiaire; mais toutes existaient déjà dans la *Mappæ Clavicula.* Cependant, ce dernier ouvrage n'est assurément pas la source unique à laquelle auraient puisé les auteurs des manuscrits 6514 et 7156; car ces derniers contiennent beaucoup de recettes qui manquent dans la *Mappæ Clavicula,* ainsi que le constatent les citations que j'ai relevées dans ces manuscrits (*la Chimie au moyen âge,* t. I, p. 83 et suivantes). Quelques-unes se trouvent à la fois dans ces manuscrits et dans le Papyrus de Leyde, sans qu'on les lise dans la *Mappæ Clavicula* (*loco citato,* p. 78); ce qui montre qu'il existait d'autres cahiers de recettes, aujourd'hui perdus ou restés inconnus.

Je ne parle pas ici, d'ailleurs, des recettes venues plus tard en Occident par l'intermédiaire des Arabes, recettes qui existent aussi dans les manuscrits 6514 et 7156, mais qui ne figurent évidemment pas dans les *Compositiones* et qui sont peu nombreuses dans la *Mappæ Clavicula,* où elles constituent des intercalations, faciles à distinguer. Il n'en existe d'ailleurs aucune de ce genre parmi les dix-sept recettes du manuscrit 6830 F.

La composition générale de ces divers manuscrits mérite d'être comparée, brièvement d'ailleurs, tant entre eux qu'avec celle des grands ouvrages contemporains d'Albert le Grand et de Vincent de Beauvais; si l'on veut mieux définir le caractère des connaissances scientifiques et techniques des écrivains de la fin du XIII^e^ siècle. J'ai effectué cette comparaison dans le premier volume de mon histoire de *la Chimie au moyen âge;* mais il semble utile de la préciser davantage, en rappelant le contenu même des divers manuscrits.

Le plus ancien, celui qui renferme les *Compositiones ad tingenda,* manuscrit conservé dans la bibliothèque des chanoines de Lucques, contient une série d'ouvrages historiques : Chroniques d'Eusèbe, d'Isidore, Livre des Gestes des souverains pontifes, etc. Il se termine par les *Compositiones,* collection purement technique n'ayant aucun rapport avec le contenu principal, et formée par la réunion de recettes d'artisan relatives à des objets différents, quoique congé-

nères entre eux : teinture du verre, des peaux, peinture et description de nombreuses drogues, dorure, alliages métalliques. Muratori a publié les *Compositiones* dans les *Antiquitates Italicæ*. On y trouve quelques recettes d'alchimie, identiques avec celles du Papyrus de Leyde; mais les recettes de cet ordre sont beaucoup plus nombreuses dans le Traité suivant.

La *Mappæ Clavicula* forme au contraire un manuscrit complet du XII^e^ siècle, publié dans l'*Archæologia* (Londres) par A. Way. Il en existe à Schlestadt un manuscrit aussi étendu, copié au X^e^ siècle, manuscrit collationné par le regretté M. Giry, et il en a existé un manuscrit (aujourd'hui perdu) au temps de Louis le Débonnaire, successeur de Charlemagne (*voir* plus loin). Cet ouvrage reproduit d'ailleurs un certain nombre des articles des *Compositiones*.

Les Traités d'Eraclius et de Théophile, imprimés à plusieurs reprises, roulent sur les mêmes sujets et ils renferment beaucoup d'Articles sur la peinture, les matières colorantes, le verre, etc., communs avec la *Mappæ Clavicula,* mais fort peu de recettes alchimiques. Les recettes arabes n'y figurent pas, pas plus d'ailleurs que dans le plus ancien manuscrit de la *Mappæ Clavicula.* On en lit seulement quelques-unes dans le manuscrit le plus récent, où elles ont été introduites par interpolation (1). Ceci montre bien le caractère indépendant des traditions techniques occidentales, originaires de l'empire romain.

Les manuscrits 6512 et 7156 sont plus complexes, quoique d'une composition fort analogue entre eux. En effet, ils sont consacrés principalement à des traductions latines d'auteurs arabes, tels que Rasès, Avicenne, Bubacar, la *Turba philosophorum,* un pseudo-Hermes, Morienus, Alpharabi, etc., le Livre des soixante-dix (de Geber). On y trouve aussi des Traités sur les pierres précieuses, telles que le poème bien connu de Marbod, et on y lit le *Liber ignium* de Marcus Græcus, qui me paraît également une traduction de l'arabe.

Mais, à côté de ces traducteurs, on rencontre dans ces deux manuscrits des Traités méthodiques d'auteurs latins du XIII^e^ siècle, tels que le Traité *De mineralibus,* d'Albert le Grand, un opuscule chimique de Jacobus Theotonicus, d'une science positive et pratique, des œuvres attribuées à Roger Bacon, le *Liber Sacerdotum,* arabico-latin, etc.

C'est en cette compagnie qu'on rencontre les recettes assez nombreuses empruntées à la *Mappæ Clavicula* ou aux *Compositiones,* et quelques-unes qui ne s'y retrouvent pas, mais qui existent cependant dans le Papyrus de Leyde. Or ce groupe de recettes n'est nullement arabe.

Leur coexistence avec les Traités traduits de l'arabe montre que les chimistes, peintres et artisans du XIII^e^ siècle ont tiré leur science d'origines différentes et profondément distinctes. Ils étaient d'ailleurs contemporains des grands encyclopédistes d'alors, Albert le Grand et Vincent de Beauvais.

(1) *La Chimie au moyen âge,* t. I, p. 27.

Toutefois, circonstance singulière, ces derniers auteurs, qui connaissent et citent les Arabes, paraissent avoir ignoré les traditions purement latines des cahiers d'atelier. Du moins je n'ai pu retrouver chez ces encyclopédistes aucune citation ni trace certaine, soit des *Compositiones,* soit de la *Mappæ Clavicula,* soit *a fortiori* du Papyrus de Leyde; et cependant ces traces et ces citations figurent de la façon la plus positive, ainsi que je viens de le dire, dans des manuscrits contemporains.

Il semblerait cependant que les Traités alchimiques grecs de l'époque qui dérivent des Arabes, initiés eux-mêmes à la vieille tradition gréco-égyptienne par l'intermédiaire des Syriens, auraient dû établir un lien entre ces théories, — revenues en Occident par ce long détour, — et les pratiques conservées de part et d'autre par les traditions des arts et métiers. Mais, en fait, il y a eu là deux courants de connaissances, restés distincts pendant tout le moyen âge et qui ne se sont en réalité rejoints et confondus qu'au XVI^e^ siècle, c'est-à-dire à l'époque où les Occidentaux ont repris une connaissance directe des textes alchimiques grecs. Ce sont des circonstances intéressantes à signaler pour l'histoire des sciences physiques.

III. — Adalard de Bath et la Mappæ Clavicula (Clef de la peinture).

Adalard de Bath est un moine anglais, bénédictin, qui a vécu dans le premier tiers du XII^e^ siècle, vers 1130, et a laissé le souvenir de l'un des hommes les plus instruits de son époque (*philosophus Anglorum*). Après avoir étudié dans les écoles de Tours et de Caen, il rechercha un supplément d'instruction en Italie, à Salerne, puis en Orient et en Égypte, où il prit connaissance de la science arabe du temps. On voit que les esprits curieux de l'époque ne reculaient pas devant de tels voyages, alors lointains et difficiles, dans leur zèle pour acquérir la Science.

A son retour en Angleterre, sous le règne de Henri I^er^, bien accueilli par ses amis, il ne tarda pas à publier des Ouvrages sur les questions de Philosophie agitées de son temps. Mais c'est surtout un compilateur, qui a fait des traductions et éditions nouvelles d'Ouvrages scientifiques, relatifs à l'Astronomie, aux Mathématiques et aux sciences de son temps.

Ses Ouvrages sont pour la plupart manuscrits ou perdus. Voici les titres de quelques-uns :

De eodem et diverso, dialogue allégorique entre la Philosophie et la *Philocosmie,* œuvre de jeunesse, dédiée à Guillaume, évêque de Syracuse;

De sic et non sic;

Questiones naturales, dialogue dédié à Richard, évêque de Bayeux; éloge de la liberté de la science arabe, opposée à la *muselière de l'autorité* des maîtres universitaires;
De septem artibus liberalibus, etc.

Puis viennent des traductions et Ouvrages didactiques :

Regulæ Abaci;
De Astrolabio;
Éléments d'Euclide;
Isagoge minor Jafaris mathematici in Astronomiam;
Astronomicorum Prestigia Thebidis secundum Ptolemeum et Hermetem, ex Arabico translatus liber unus, etc.;
Liber imbrium secundum Indos (?), etc.;
Problematum et naturalium questionum LXXVI, sujet souvent traité depuis le Livre attribué à Aristote.

On cite encore :

Liber magistri Adalardi Bathoniensis qui dicitur Mappæ Clavicula, Ouvrage cité dans une liste des manuscrits anciens de la bibliothèque royale anglaise, avec cette mention : « Sed librum ipsum abstulit manus quædam sacrilega ». Cet exemplaire n'a laissé aucune trace.

C'est l'Ouvrage même dont je vais parler maintenant, me proposant d'examiner son attribution à Adalard, comme auteur, ou comme copiste et nouvel éditeur du traité intitulé *Mappæ Clavicula.* L'étude dont il s'agit ne manque pas d'intérêt, à cause de l'importance que présente ce Traité dans l'histoire de la transmission des sciences antiques au moyen âge, celle de la Chimie spécialement : transmission qui a eu lieu directement par l'intermédiaire des traditions techniques et pratiques des industries métallurgiques, céramiques, picturales et tinctoriales; ainsi que je l'ai établi dans le premier Volume de mon Ouvrage sur *la Chimie au moyen âge.* J'y ai consacré aux *Compositiones* et à la *Mappæ Clavicula* environ 80 pages, en rattachant par les textes les plus précis ces deux Traités à la tradition égypto-grecque consignée dans un papyrus de Leyde et dans les textes alchimiques grecs, imprimés, traduits et commentés dans mon Ouvrage : *Collection des anciens alchimistes grecs.*

La discussion du texte des *Compositiones* et de la *Mappæ Clavicula,* comparées entre elles et avec les textes grecs, jette beaucoup de lumière sur le mode de composition de ces Ouvrages et en particulier sur le rôle véritable qu'Adalard a pu jouer dans la reproduction du dernier.

En fait, nous possédons aujourd'hui deux copies de la *Mappæ Clavicula.* Une seule, la plus récente, a été imprimée en 1847, par M. A. Way, d'après

un manuscrit du XII^e^ siècle, appartenant à sir Thom. Philipps, dans le recueil anglais *Archæologia,* tome XXXII, pages 183-244. C'est seulement dans deux articles du Livre, les n^os^ 190 et 191, que figurent deux mots de vieil anglais « gatetrîu » chèvrefeuille, et l'herbe nommée « grening pert ». Ces mots indiquent assurément qu'un Anglais a pris part à la rédaction de ces deux articles. L'auteur pourrait être en effet Adalard, surtout si on les rapproche de la date où le manuscrit a été copié et où a vécu ce personnage. Je reviendrai tout à l'heure sur ce point, la date de l'autre manuscrit étant essentielle à connaître sous ce rapport.

Cet autre manuscrit, non imprimé jusqu'à ce jour, a été étudié à la bibliothèque de Schlestadt par le savant Giry, professeur à l'École des Chartes, dont la Science regrette la perte. Il l'a signalé en 1878, dans le trente-cinquième fascicule de la *Bibliothèque de l'École des Hautes Études,* pages 209-227; et il en a exécuté une collation soignée avec la publication de l'*Archæologia.* Il se proposait même d'en publier le texte et la traduction (avec la collaboration du regretté Aimé Girard, membre de l'Académie des Sciences, habile chimiste), dans une édition spéciale, simultanément avec un texte plus ancien, celui des *Compositiones ad tingenda,* dont la *Mappæ Clavicula* a reproduit un très grand nombre d'articles.

Or le manuscrit de Schlestadt, d'après les avis concordants de MM. Léopold Delisle et Giry, remonte au moins au X^e^ siècle; peut-être plus haut, et il existe des textes qui établissent l'existence de ce Traité au commencement du IX^e^ siècle.

En effet, l'indication suivante, que je trouve dans les fiches de Giry, ferait remonter la *Mappæ Clavicula* encore plus haut, en même temps qu'elle rattacherait ce Traité aux traditions alchimiques : ce qui serait conforme d'ailleurs aux reproductions des textes du Papyrus de Leyde.

Reichenau « Brevis librorum, qui sunt in Cœnobio Sindleozes Anna, facta anno VIII, Hludovici imperatoris : 139. Mappæ Clavicula de efficiendo auro, vol. 1. » (Neugart, Episcopatus Constantiensis, 1803, in-4°, t. I, I^re^ Partie, p. 534-544.)

D'après une Note que me communique M. Omont, la mention de ce manuscrit a été reproduite depuis par G. Becker, dans ses *Catalogi bibliothecarum antiqui* (Bonnæ, 1885; in-8, p. 8), où il a donné une nouvelle édition de ce catalogue de la bibliothèque de l'antique abbaye de Reichenau. Mais le manuscrit qui a servi à la publication de Neugart est inconnu et Becker s'est contenté de reproduire le texte du premier éditeur. Le Catalogue doit avoir été rédigé en 821-822, date qui correspond à la huitième année de Louis le Débonnaire.

Dès lors, la *Mappæ Clavicula* ne saurait avoir été composée par Adalard, qui vivait près de deux siècles plus tard. Mais il est intéressant d'examiner quelle part il a pu prendre à la copie publiée dans l'*Archæologia*. Cet examen critique jettera d'ailleurs, s'il était nécessaire, un jour nouveau sur l'origine et le mode de composition des Ouvrages techniques du moyen âge, parvenus jusqu'à nous; sans les prétentions personnelles et sans l'originalité des œuvres des savants d'aujourd'hui, mais aussi sans les garanties de date et de priorité, que consacrent de nos jours l'imprimerie et la publication des recueils périodiques.

A cet effet, il est utile de comparer entre eux les deux manuscrits de la *Mappæ Clavicula*, écrits à un siècle d'intervalle, et de noter les additions introduites dans le second manuscrit, travail détaillé que j'ai fait dans mon histoire de *la Chimie au moyen âge*. Il est nécessaire de les comparer également avec les écrits antérieurs, et spécialement avec deux d'entre eux, les *Compositiones ad tingenda* et le *Papyrus de Leyde*, ou plus généralement avec les écrits de la *Collection des Alchimistes grecs;* certains textes de ces Ouvrages étant reproduits littéralement dans la *Mappæ Clavicula*, ainsi que dans les *Compositiones*.

Parlons d'abord de ce dernier Traité. Il a été publié au siècle dernier par Muratori, dans ses *Antiquitates Italicæ* (t. II, p. 364, 387), sous le titre : *Compositiones ad tingenda musiva, pelles et alia, ad deaurandum ferrum, ad mineralia, ad chrysographiam, ad glutina quædam conficienda, aliaque artium documenta* [Recettes pour teindre les mosaïques, les peaux et autres objets, pour dorer le fer, pour l'emploi des matières minérales, l'écriture en lettres d'or, les soudures (et collages) et autres documents techniques]. Ce Traité existe dans un manuscrit de la bibliothèque des chanoines de Lucques, écrit au VIII^e^ siècle. Giry a collationné sur place le manuscrit avec le texte de Muratori; il en avait préparé la publication et la traduction, parallèle à celle de la *Mappæ Clavicula*, avec le concours d'Aimé Girard, et il m'avait communiqué d'une façon complète et libérale ses copies des deux Ouvrages. Je les ai signalées et commentées en détail dans mon histoire de *la Chimie au moyen âge*, avec l'assentiment de Giry et d'A. Girard, qui se réservaient de consacrer un Volume spécial à cette publication. La mort les a empêchés de mettre à exécution leur projet. J'avais espéré pouvoir le réaliser, leurs manuscrits m'ayant été confiés par le Directeur de l'École des Chartes, M. Paul Meyer. Malheureusement, la préparation de ce travail, quoique fort avancée, ne m'a pas paru suffisante pour que j'aie cru possible de l'entreprendre en leur nom.

Je me bornerai à discuter ici la part proportionnelle qu'Adalard a pu prendre à la seconde rédaction de la *Mappæ Clavicula;* en admettant, comme la chose d'ailleurs me paraît probable, qu'il est l'auteur de cette seconde rédaction. Pour cela, il faut essayer de signaler quelques-uns des documents qui sont intervenus dans la composition de la *Mappæ Clavicula*.

Une première différence existe dans les articles qui suivent le titre. La copie publiée par l'*Archæologia* débute, comme il convient, par les mots : « Incipit libellus dictus *Mappæ Clavicula.* » Puis viennent six vers de basse latinité : *Sensim per partes*, etc.

Or ces six vers forment précisément le début du Traité : *Schedula diversarum artium*, attribué au moine Théophile et dont les manuscrits les plus anciens remontent au XII^e^ siècle. Il est suivi de onze articles relatifs aux couleurs et à leur mélange. Le tout constitue une intercalation, probablement inscrite après coup à la suite du titre, comme il arrive souvent dans les manuscrits; car vient ensuite un « Incipit prologus sequentis operis » relatif au titre *Clavicula* et recommandant au possesseur, comme on le faisait souvent dans les vieux écrits alchimiques, de ne confier l'Ouvrage qu'à son propre fils, après s'être assuré qu'il lui attribuera un sens pieux et juste. Peut-être ce prologue est-il celui de l'Ouvrage primitif.

Or tout ce début manque dans le manuscrit de Schlestadt et les vers latins semblent ajoutés après coup.

Suit une Table de 209 Chapitres, numérotés en chiffres romains, Table qui ne répond pas exactement au texte. Celui-ci d'ailleurs renferme en réalité 293 articles. Aucune de ces indications ne correspond exactement à celles du manuscrit de Schlestadt et leur comparaison fournit de précieuses indications sur la composition de ce dernier et sur la date des additions successives qui y ont été faites, en partie du moins, par Adalard de Bath.

C'est ce qui résulte de la collation faite par Giry et des renseignements précis qu'il m'avait fournis. Les numéros 1 à 100 de l'*Archæologia* se retrouvent, non sans quelques variantes, dans les numéros 1 à 86 du manuscrit de Schlestadt. Il y a des différences de rédaction, mais en somme peu notables. Ces numéros se rapportent surtout au travail des métaux en orfèvrerie : or et argent d'abord, puis cuivre et airain. Mais, à partir de ces numéros, le sujet change, avec de grandes intercalations, tirées pour la plupart des *Compositiones*.

Avant de les énumérer, observons qu'en tête du manuscrit de Schlestadt il existe une vieille liste d'articles, dont les premiers communs avec les articles développés qui suivent; mais elle se prolonge par 75 titres environ d'articles aujourd'hui perdus, traitant du travail du cuivre, du fer, de l'étain, des verres colorés et peints, des perles, de l'incantation usitée pendant le travail, et enfin des signes. Le tout devait constituer un véritable Ouvrage sur les métaux, analogue à celui de Zosime, que nous possédons en partie dans le texte grec, et en partie dans des traductions syriaques : j'ai publié ces textes. Or leur équivalent, sinon leur traduction, semble avoir existé en latin dans le texte primitif du traité *Mappæ Clavicula;* mais nous n'en possédons plus malheureusement la suite dans nos deux copies actuelles de la *Mappæ Clavicula.*

Revenons donc à celles-ci. A partir du n° 101, viennent quelques articles relatifs à l'architecture, puis à la composition des couleurs destinées à la peinture : c'est un nouveau Traité consacré à ce sujet qui se développe, avec quelques notices de minéraux; l'auteur parle ensuite des couleurs employées pour la fabrication des mosaïques et des vitrifications. On sait que déjà dans les Traités grecs démocritains les teintures des métaux, du verre et des étoffes sont traitées conjointement.

Des notices analogues président à la rédaction des n^{os} 105 à 260 du manuscrit de l'*Archæologia*, lesquels correspondent aux n^{os} 91 à 209 du manuscrit de Schlestadt. On y retrouve également les n^{os} 69 à 136 des *Compositiones*, ainsi qu'une autre série de I à LI, en tout 115 articles de ce dernier recueil, plus ou moins modifiés dans leur rédaction, mais sans changement essentiel. En raison de leur date antérieure, aucun des articles des *Compositiones*, ni même du manuscrit de Schlestadt ne saurait évidemment être attribué à Adalard.

On doit en dire autant des articles qui suivent du n° 263 à 278 dans l'*Archæologia*, articles d'un caractère différent et de tout autre origine, relatifs aux flèches empoisonnées, aux flèches incendiaires, au bélier, aux compositions incendiaires, etc. Ce sont des recettes grecques ou byzantines de poliorcétique, dont les analogues se retrouvent dans Marcus Græcus.

Je ne relèverai pas davantage les numéros de la *Mappæ Clavicula* qui sont imités, ou même traduits littéralement du texte gréco-égyptien retrouvé au xv^{e} siècle dans une momie (Papyrus de Leyde); articles que j'ai relevés en détail dans mon histoire de *la Chimie au moyen âge*.

En définitive, je ne vois guère que cinq ou six articles qui puissent avoir été ajoutés par Adalard de Bath, savoir les n^{os} 195, 196, 197, 198, 199, 200, intercalation isolée, la seule qui renferme des mots d'origine arabe (*almembuz* = argent, *alquibriz* = soufre, *atincar* = borax, *alcazir* = étain), souvenir de ses voyages, et les n^{os} 190 et 191, les seuls aussi qui renferment des mots anglais, sorte de certificat d'origine de la patrie du copiste.

La Science de cette période du moyen âge vivait ainsi sur les souvenirs des savants des époques grecques et romaines, c'est-à-dire sur les emprunts faits à l'antiquité, emprunts perpétués principalement par les Ouvrages et cahiers techniques de l'Art et de l'Industrie.

IV. — Quelques renseignements sur l'alchimie persane et indienne.

Dans les vieux livres alchimiques grecs, syriaques et arabes, la tradition persane est fréquemment associée à la tradition grecque, et cette association porte à la fois sur l'alchimie et sur la magie. Les écrits arabes l'étendent aux Indiens

et même aux Chinois, dont les Grecs ne font aucune mention. J'ai fait quelques tentatives pour retrouver des traces plus directes de l'alchimie persane; quoique ces tentatives n'aient donné jusqu'ici aucun résultat décisif, peut-être ne sera-t-il pas inutile de les rappeler ici.

Rappelons d'abord en quelques mots les textes originaux. Au nom du philosophe grec Démocrite est joint celui d'Ostanès, qualifié tour à tour de Persan, de Mède, de Babylonien et même d'Égyptien. D'après Synésius (1), ce fut lui qui aurait initié Démocrite aux mystères dans le sanctuaire de Memphis. Il serait l'auteur des fameux axiomes : « La nature est charmée par la nature; la nature domine la nature; la nature triomphe de la nature, etc. »; axiomes reproduits depuis par tous les alchimistes grecs et latins jusqu'au XVIII^e^ siècle. L'auteur ajoute que les méthodes des Persans pour teindre les métaux n'étaient pas les mêmes que celles des Égyptiens; ces derniers opérant par fusion et par projection, tandis que les Persans employaient des enduits extérieurs. Zosime cite également Ostanès en divers endroits (2) et le nom de ce dernier intervient dans les recettes, tirées du « Livre du Sanctuaire des Temples », pour colorer les pierres (3) et fabriquer des gemmes artificielles et phosphorescentes. Un article alchimique d'un caractère mystique (4) sur l'eau divine lui est même attribué. Dans un papyrus magique de Leyde (5), les noms d'Ostanès et de Démocrite figurent ensemble, à côté de ceux de Pétésis, de Pythagore et de Zoroastre.

Nous retrouvons ici une tradition plus générale, relatée par de nombreux auteurs du temps de l'Empire romain. En effet, le nom d'Ostanès est donné par Pline comme celui d'un magicien persan, personnage identifié avec un Ostanès contemporain de Xerxès, cité par Hérodote. D'après Pline, il aurait enseigné la science à Démocrite, et il est cité aussi par Origène, Tertullien, saint Cyprien, Arnobe, Minutius Félix, saint Augustin. Le nom d'Ostanès est bien persan; les désignations de Mède et de Babylonien, rappelées plus haut, se rapportent aux mêmes traditions; car au temps du second empire persan (Sassanides), qui est contemporain de Zosime, les traditions mèdes et chaldéennes tendaient à se confondre avec les traditions persanes proprement dites (6). Cependant Ostanès est aussi désigné comme Égyptien, ce qui s'accorde en effet avec les indications des égyptologues : ce nom d'Ostanès étant dans certains textes égyptiens synonyme de Toth. Peut-être la similitude des deux noms aura-t-elle amené, dans le syncrétisme alexandrin, la confusion de deux traditions, l'une persane, l'autre égyptienne.

---

(1) *Collection des anciens alchimistes grecs,* traduction, p. 61.
(2) *Ibid.,* p. 129, etc.
(3) *Ibid.,* p. 336.
(4) *Ibid.,* p. 250.
(5) *Introduction à la chimie des anciens,* p. 11.
(6) ZOSIME, *Collection des anciens alchimistes grecs,* p. 233.

Quoi qu'il en soit, ce personnage mythique n'est pas le seul nom qui ait été mis en avant par les alchimistes et les fauteurs de sciences occultes de cette époque. Zosime cite aussi le Persan Sophar (1), et l'autorité du pseudo-Zoroastre est invoquée à la fois par les philosophes alexandrins et par les alchimistes; Zosime notamment en parle à titre de magicien (2). Ailleurs, Zoroastre porte la dénomination d'astrologue, congénère des précédentes; il s'agit toujours de sciences occultes. Ces traditions se poursuivent chez les Syriens et chez les Arabes.

Dans les Traités d'alchimie syriaque, le nom des Persans reparaît fréquemment à propos de recettes diverses : telles que celle d'un oxysulfure d'arsenic, désigné sous le nom d'*eau-forte* ou *fille des Persans* (3), le vitriol de Perse, le jus de câpres, désigné sous le pseudonyme de *tétines de chienne* (4), un minerai probablement ferrugineux (5), le nom des sept planètes en syriaque, hébreu, grec, latin, persan et arabe (6). On y trouve particulièrement cités Sophar (7), le mage et philosophe persan, et son aigle d'airain, conformément au texte de Zosime, mais en des termes différents; peut-être Zoroastre; mais surtout Ostanès, en deux endroits. Dans l'un (8) des articles, il est question de ses livres et de leur caractère mystérieux; l'autre (9) est une lettre de Pébéchius au mage Osron. Il lui déclare avoir trouvé en Égypte les livres secrets d'Ostanès, écrits en lettres persanes, n'avoir pu les expliquer, et il lui en demande l'interprétation. La correspondance continue : les livres d'Ostanès contenaient, d'après Pébéchius, l'art de l'astrologie, de l'astronomie, de la philosophie, des belles-lettres, du magisme, des mystères des sacrifices, et celui du travail de l'or. On y traitait des minéraux, des pourpres et des teintures de pierres précieuses, ainsi que de l'or. L'existence d'une doctrine alchimique propre aux Persans et des livres qui la contenaient semble bien résulter de ces textes.

Mais, dans les Traités syriaques, on trouve en outre quelque mention explicite de l'Inde et de ses mythes, d'après Ctésias (10). On y cite divers produits de l'Inde, tels qu'un sel, l'antimoine, l'acier; ce dernier est également désigné dans un texte alchimique grec du moyen âge (11), qui renferme des mots arabes et où il est dit que sa préparation a été découverte par les Indiens et est venue en Occident par les Perses.

---

(1) *Ibid.*, p. 129.
(2) *Collection des anciens alchimistes grecs*, p. 222.
(3) *Alchimie syriaque*, p. 62.
(4) *Ibid.*, p. 138.
(5) *Ibid.*, p. 280.
(6) *Ibid.*, p. 291.
(7) *L'Alchimie syriaque*, p. 313.
(8) *Ibid.*, p. 326.
(9) *Ibid.*, p. 309.
(10) *Ibid.*, p. 313.
(11) *Collection des anciens alchimistes grecs*, p. 332.

Les traditions relatives aux alchimistes persans se continuent, avec un caractère plus précis, chez les Arabes, ainsi qu'il résulte des citations suivantes, que je tire des écrits d'alchimie arabe que j'ai publiés. Ces écrits renferment un Traité attribué à Ostanès, dont j'ai donné le texte et la traduction (1). Ce Traité existe dans un manuscrit de Paris et dans un manuscrit de Leyde. Il est dit qu'il aurait été traduit de l'original en grec, puis en persan plus moderne (pehlvi?), puis dans l'idiome du Khorassan, enfin en arabe; mais les textes arabes paraissent pseudépigraphes et relativement modernes. Dans l'un des Traités, il est même question de l'Andalousie; dans l'autre, figure un palais à sept portes (symbole des sept métaux), lequel rappelle à la fois les sept portes de l'escalier symbolique des mystères mithriaques chez les Perses, d'après Celse (2), les sept portes relatées dans un texte de l'Alchimie syriaque (3) cité tout à l'heure et les sept degrés de l'escalier de Zosime (4). Dans ce Traité, on lit un parallèle entre la science égyptienne et la science persane (5), suivi de la lettre de Pébéchius (appelé « un certain philosophe ») aux mages persans, qui se trouve au long dans l'Alchimie syriaque; elle est abrégée dans le texte arabe du pseudo-Ostanès, ainsi que la réponse du mage Osron (dont le nom a également disparu en arabe). Cette identité de tradition atteste le caractère ancien de la correspondance, réelle ou prétendue, et la continuité entre les doctrines alchimiques persanes et gréco-égyptiennes. A la suite, le pseudo-Ostanès cite une prétendue inscription indienne, relative à la supériorité des Indous sur les autres hommes et à leurs relations avec la Perse; une mention de l'urine d'éléphant, panacée indienne; l'éléphant est aussi cité dans l'Alchimie syriaque (6).

La science indienne apparaît ainsi chez les alchimistes arabes comme congénère de la science persane. Notre auteur cite également Abou-Ali l'Indien, Thouir, roi de l'Inde, qualité attribuée à Géber lui-même chez les Latins. Mohamed-ben-Ishaq, dans le Kitab-al-Fihrist (7), après avoir rappelé l'alchimie égyptienne, ajoute : « Selon d'autres, c'est dans l'ancienne Perse que l'alchimie serait née. Enfin, il en est qui attribuent son invention aux Grecs, aux Indous, ou encore aux Chinois. »

Dans le livre des *Soixante-dix,* ouvrage alchimique de Géber, dont j'ai retrouvé une traduction latine, il est aussi question de l'Inde (8).

Si je relève avec soin ces diverses indications, quelque imparfaites et som-

(1) *Alchimie arabe,* p. 13.
(2) *Introduction à la chimie des anciens,* p. 78.
(3) *L'Alchimie syriaque,* p. 311. — *Voir* aussi le *Temple des Sept Portes,* p. 262 et 263.
(4) *Collect. des anc. alch. grecs,* p. 125.
(5) *Alchimie arabe,* p. 120.
(6) *Ibid.,* p. 313.
(7) *Ibid.,* p. 40.
(8) *Transmission de la science antique,* p. 328.

maires qu'elles soient, relatives à l'alchimie persane, c'est qu'elles se rattachent à l'une des sources probables de cette science : je veux dire à la source chaldéenne ou babylonienne, parallèle à la source égyptienne. On sait que le regretté Terrien de la Couperie avait tenté de rattacher les origines de la civilisation chinoise à des sources chaldéennes. J'ai même échangé quelques lettres avec lui, au sujet de l'histoire de l'alchimie chinoise, étant arrivés tous deux à cette conclusion que l'alchimie chinoise dérive en définitive de celle des Grecs. Je suis revenu sur cette question dans le *Journal des Savants,* en rendant compte de l'Ouvrage si intéressant de M. de Mély : ce n'est pas le lieu d'en parler encore, si ce n'est pour signaler en passant le lien que les textes arabes tendent à établir entre ces différents problèmes.

Leur solution tirerait assurément beaucoup de lumière de la découverte de textes persans et indiens relatifs à l'alchimie. C'est ce qui m'a engagé à diriger dans ce sens quelques tentatives : quoiqu'elles n'aient pas eu jusqu'ici de succès, il paraît cependant utile de les signaler, ne fût-ce que pour éclairer la direction convenable à donner à de semblables recherches.

J'ai pensé à m'adresser aux Parsis de Bombay, qui ont conservé le précieux dépôt de leurs livres sacrés et qui l'ont communiqué si libéralement au regretté Darmstetter. J'avais espéré qu'ils auraient gardé quelques autres manuscrits, relatifs soit aux industries, soit aux sciences persanes, aux sciences occultes en particulier. A ce dernier égard cependant l'horreur que les Parsis professent pour la magie me laissait quelque doute.

Je profitai d'une rencontre avec lord Dufferin, alors ambassadeur d'Angleterre à Paris, rencontre qui eut lieu dans les premiers jours d'octobre 1895. Les renseignements qu'il voulut bien demander à Londres et à Bombay me parvinrent pendant les mois suivants. Je me bornai à les réserver, détourné de ces études par des occupations d'un autre ordre. Mais le moment est aujourd'hui plus propice à cet éclaircissement. Ils fournissent d'ailleurs quelques documents nouveaux à l'histoire des religions.

Sir George Birdwood, fonctionnaire « of the India Office » à Londres, qui a vécu longtemps à Bombay, me fit d'abord tenir une note sur la magie persane. En voici le résumé :

« Les Parsis n'ont pas de livres secrets sur la magie, à ma connaissance. Le zoroastrisme, en tant que système, est tout à fait antipathique à tout enseignement en pratique de magie. Il est vrai que leur dualisme est fondé sur la conception de l'éternel antagonisme entre le bien et le mal et dérive du dualisme primitif des Accadiens, lequel est encore représenté dans toutes ses conditions : brut et initial, par le chamanisme des Tartares orientaux; quelques-uns de ses aspects artificiels, tels qu'ils sont formulés dans les Tablettes babyloniennes, se retrouvent dans le lamaïsme du Thibet, et sous une forme plus aggravée dans

le culte du Diable des Yezidi de Syrie. Mais le zoroastrisme est une perpétuelle protestation contre la magie, et les inscriptions de Darius déclarent formellement ennemis les magiciens mèdes. Sans doute les idées magiques ont été inévitablement mêlées avec le zoroastrisme, aussi bien qu'avec le judaïsme et le christianisme (par exemple, les superstitions sur Satan, la chute de l'homme, la tentation de la femme, etc.). Mais les Parsis sont aussi opposés que les chrétiens eux-mêmes à l'enseignement et à la pratique réfléchie de la magie et ils n'ont pas d'écrits officiels sur ce sujet... Il existe un écrit canonique persan remarquable, intitulé *Shàyart là Shàyart,* littéralement « Propreté et non-propreté », mélange de prescriptions traditionnelles sur la propreté cérémoniale; on peut le comparer avec certains chapitres bien connus du Lévitique et du Code de Manou. En raison de la nature du sujet, il est inévitable que, comme dans ces deux autres codes, l'influence de la magie médique s'y trouve clairement indiquée... D'autre part, la magie a pénétré partout dans le mahométisme... »

M. Max Müller, dans une lettre du 4 novembre 1895, a bien voulu me confirmer ce renseignement, d'une façon à la fois plus sommaire et plus explicite :

« D'après M. West, autorité principale en matière de pehlvi, il n'existerait plus actuellement de livre d'alchimie dans cette langue; il serait seulement fait mention, dans quelques chapitres du Vendidad pehlvi, de certaines précautions et remèdes relatifs à la propreté et à l'hygiène. Cet écrit est de l'époque sassanide. Il n'est guère douteux que l'ancienne littérature pehlvi de l'époque sassanide n'ait été fort considérable et dérivée de sources grecques. Mais la plus grande partie en est perdue et il n'y a guère d'espoir d'en découvrir des manuscrits chez les Parsis de l'Inde. »

C'est en effet ce qui m'a été confirmé par deux lettres adressées à M. Birdwood par le chef du sacerdoce parsi à Bombay, M. Jamaspji Minocheherji Dastur Jamaspasu, en réponse aux renseignements précis que j'avais demandés par écrit. Dans la première, du 9 novembre 1895 : « Les Parsis n'ont pas d'écrits canoniques ou non canoniques sur la magie. La magie est rejetée comme l'art du Mauvais Esprit et condamnée dans les termes les plus forts par l'Avesta. On y trouve des prières spéciales contre les devas, prières efficaces pour purifier les habitations, le feu, l'eau, la terre, les troupeaux, les arbres, etc. »

Dans une seconde lettre datée du 25 février 1896 : « Il n'y a pas à présent d'ouvrage sur les sujets mentionnés par M. Berthelot. J'ai parcouru les Ouvrages zend et pehlvi existants; mais ils ne donnent aucune lumière sur le sujet. Il a pu en exister avant l'invasion de la Perse par les Musulmans; mais, en l'absence de documents authentiques, on ne peut rien dire sur cette matière. »

Les textes relatifs à Ostanès, que j'ai cités au début de cet article, paraissent établir l'existence réelle de Traités alchimiques persans au temps des Sassanides; mais les renseignements que je viens de reproduire ne laissent guère d'espoir d'en retrouver quelque trace. Cependant il serait nécessaire d'examiner certains documents qui m'ont été récemment signalés par une lettre de Rây, professeur à Presidency College (Calcutta). D'après ce savant, il existe des Traités d'alchimie, écrits en sanscrit, remontant au XIII[e] siècle, et qui renferment des préceptes pour préparer les sulfures de mercure noir et rouge et le calomel, employés comme médicaments. Ces indications s'accordent avec celles des alchimistes arabes signalées plus haut. Il est à désirer que ces Traités soient soumis à une étude approfondie, pour en déterminer l'origine, probablement attribuable à une tradition persane ou nestorienne (*voir* plus loin).

V. — Sur l'alchimie indienne.

Matériaux pour un chapitre négligé de l'histoire de la Chimie ou contributions à l'Alchimie indienne (Mémoire manuscrit de 43 pages), par PRAFULLA CHANDRA RÂY, professeur à Presidency College, Calcutta.

Albirouni's India, 2 volumes traduits de l'arabe en anglais, par le Dr SACHAU, London, 1888; t. I, p. 187.

BURNOUF, *Introduction à l'histoire du Bouddhisme indien :* sur les *Tantras,* t. I, p. 522-554.

Zeitung deutsch. Morg. Ges., t. XXIII, p. 261; t. XXX, p. 617; t. XXXI, p. 647; t. XL, p. 189, etc. : Sur Hippocrate et la médecine indienne.

Journal asiatique, 1858 : *Recherches sur l'histoire naturelle et la physique d'Albirouni.*

Dans le cours de mes études sur l'histoire de la Chimie j'ai été conduit à rechercher les traces de l'introduction des idées alchimiques chez les divers peuples, à partir de l'Égypte et des Égypto-Grecs, qui semblent en avoir été les promoteurs dans le monde. J'ai établi nommément cette filiation pour l'Occident, au moyen âge, en tant que dérivant d'une double source, savoir : la tradition industrielle directe des arts relatifs à l'orfèvrerie, au travail des métaux, du verre, des produits céramiques et des matières colorantes, d'une part; et de l'autre, le retour indirect, par les Arabes d'Espagne, de traditions orientales. Ces dernières, d'ailleurs, provenaient également d'une origine égypto-grecque, les écrits grecs des alchimistes égyptiens ayant été traduits d'abord en langue syriaque et transmis aux Arabes d'Asie, en communication avec ceux d'Espagne. J'ai publié les textes grecs, syriaques, arabes et j'ai commenté les textes latins, qui établissent toute cette histoire.

Cependant l'alchimie, c'est-à-dire la Chimie sous sa forme originelle, demi-scientifique et demi-chimérique, s'est étendue dans le monde civilisé, et spécialement sur l'Asie tout entière. C'est ainsi qu'il existait des textes persans, de l'époque sassanide, et peut-être même plus anciens, qui ont exercé quelque influence sur le développement de la science arabe, parallèlement aux textes syro-grecs. J'ai raconté quelles traces subsistent de ces textes et quelles tentatives, jusqu'à présent infructueuses, j'ai faites pour les retrouver, en m'adressant spécialement aux Parsis de Bombay.

Ces tentatives m'ont mis, entre autres, en relation avec un savant professeur indien de Presidency College, à Calcutta, M. Rây, qui m'a envoyé un mémoire manuscrit sur les origines de l'alchimie indienne. C'est ce mémoire que je me propose d'examiner, en en résumant les principaux résultats, mais sans en partager toutes les opinions. Cette étude historique et critique pourra d'ailleurs être rapprochée de celle que j'ai faite sur l'alchimie chinoise (*voir* plus loin), à l'occasion de la publication de M. de Mély sur les *Lapidaires chinois*. Les origines de l'alchimie chinoise et de l'alchimie indienne ont probablement une certaine connexité, de même que les origines de l'astronomie scientifique en Chine et dans l'Inde. Toutes ces sciences, sous leur forme rationnelle, paraissent également originaires de l'Occident et avoir pénétré jusque dans l'Extrême Orient, par des voies et avec des péripéties diverses, sous les influences successives des civilisations grecque, persane et arabe.

En ce qui touche l'Inde en particulier, le *Kitab-al-fihrist* renferme seulement une phrase vague sur l'invention de l'alchimie (1) et l'indication d'un prétendu alchimiste, Khathif, dit l'*Indien* ou le *Franc* (2). Les premiers textes un peu étendus que nous possédions à cet égard sont contenus dans un chapitre de l'Arabe Albirouni, astronome, mathématicien et polygraphe célèbre, qui vécut au commencement du XI^{e} siècle. Son Ouvrage sur l'Inde, connu depuis longtemps, a été traduit en anglais et publié par le D^{r} Sachau, en 1888. Les doctrines alchimistes y sont désignées sous le nom de *Rasayana* (science du mercure, relative à la fabrication de l'or et à l'élixir de vie). Albirouni en parle avec peu d'estime et ajoute que les Indiens n'y ont pas attaché une attention particulière, quoique nulle nation ne soit complètement exempte de ce genre d'études et d'imaginations. Il y consacre quelques pages, mais sans nous fournir de renseignements positifs sur les doctrines propres aux Indiens.

C'est dans d'autres Traités qu'Albirouni a exposé les théories de son temps sur l'origine et la formation des métaux, théories qui sont précisément celles des Arabes, d'après lesquelles les métaux résulteraient de la combinaison du soufre et du mercure. J'ai exposé l'histoire de ces théories en détail, dans le

(1) *La Chimie au moyen âge*, t. III : *Alchimie arabe*, p. 40.
(2) Tome I, page 29.

premier volume de *La Chimie au moyen âge* (¹); il n'est pas utile d'y revenir, sauf pour insister sur ceci, qu'Albirouni ne signale aucune doctrine propre aux Indiens, soit plus ancienne, soit différente de celles-là. Le Mémoire de M. Rây ne fournit non plus aucun renseignement à cet égard. Tout ce que l'on constate sous ce rapport, ce sont les prétentions alchimiques communes, relatives à la transmutation des métaux et à la fabrication de l'élixir de vie, destiné à restaurer les forces, à guérir toutes les maladies, à prolonger l'existence et à rétablir les capacités juvéniles; j'y reviendrai tout à l'heure.

Les renseignements personnels relatifs aux alchimistes indiens ne nous conduisent qu'à des dates relativement modernes. En effet, le plus ancien nom qui soit prononcé par Albirouni est celui de Nâgârjuna, qui aurait vécu un siècle auparavant, c'est-à-dire au x^e^ siècle; date elle-même douteuse, comme toutes celles qui se rattachent à l'histoire alchimique, où les faussaires et les auteurs pseudépigraphes abondent. Quoi qu'il en soit, c'est l'Hermès trismégiste des alchimistes indiens; et, comme il est arrivé pour l'Hermès égyptien, pour Geber et pour beaucoup d'auteurs alchimiques, on a mis sous son nom des ouvrages plus modernes. Le nom même de Nâgârjuna figure dans la littérature canonique bouddhiste comme celui de l'auteur du système de philosophie madhyamina, et on le fait remonter jusqu'à une époque plus reculée de plusieurs siècles, vers le III^e^ siècle de notre ère, époque à laquelle il n'existait aucune trace d'alchimie dans l'Inde. La même chose d'ailleurs est arrivée à l'Hermès égyptien (Toth), dont le nom et le rôle mythique ont précédé de bien des siècles ses attributions alchimiques.

Nâgârjuna est cité avec respect, suivant M. Rây, dans l'Ouvrage intitulé *Rasendra chintamannis,* c'est-à-dire *les Joyaux des préparations mercurielles,* écrit par Ram-Chandra vers le XII^e^ ou XIII^e^ siècle. Il est cité comme l'inventeur de procédés de sublimation, distillation, calcination, et on lui attribue un traité de magie, *Yogarat namala.* Cet alchimiste se rattache par là à la tradition des Tantras, dont il sera parlé plus loin et plus amplement. Ses Ouvrages ont été commentés par Gunakara, personnage quelque peu mythique; car il se désigne lui-même comme un Bouddha et prétend avoir écrit en l'an 1240, date qui ne doit être acceptée que sous bénéfice d'inventaire, les alchimistes et magiciens étant sujets à antidater leurs livres, comme l'attestent, en Occident, le pseudo-Raymond Lulle et le pseudo-Geber.

L'histoire des personnages alchimiques indiens se confond ainsi de plus en plus avec celle des médecins et des magiciens, jusqu'à ce qu'on arrive aux Ouvrages mieux datés du XVI^e^ siècle, tels que les Bhavaprakasas, vers 1550. On voit en tout cas que les personnages alchimiques de l'Inde sont de date relativement moderne, et fort postérieurs non seulement aux Égypto-Grecs et aux

(¹) Pages 281, 297.

Syriens, mais même aux Arabes. Ce caractère de postériorité, que j'ai déjà signalé pour les Chinois, du moins en ce qui touche les documents incontestables de leur littérature scientifique, est plus frappant encore pour les alchimistes indiens.

En effet, on peut l'établir d'une façon plus nette, par l'examen technique des faits signalés dans cet ordre d'écrits. Mais, avant de procéder à un examen intrinsèque des divers Traités médicaux et chimiques des Indiens, il est nécessaire de compléter la caractéristique des origines de l'alchimie indienne, en en rappelant les relations avec les Tantras.

Les Tantras représentent tout un ensemble de doctrines magiques et mystiques, qui ont joué un rôle important dans le Bouddhisme indien. Burnouf a consacré à ce sujet une trentaine de pages dans son *Introduction à l'histoire du Bouddhisme indien* (t. I, p. 522-554). Ce sont, d'après lui, des Traités d'une physionomie spéciale, où le culte de dieux d'un caractère bizarre ou terrible s'allie au système monothéiste et aux développements du Bouddhisme septentrional. C'est une sorte de dégénérescence mystique de la pure doctrine bouddhiste, souillée en quelque sorte par son mélange avec des pratiques superstitieuses, occultes et magiques, dérivées des anciennes religions de l'Inde.

Le système des Tantras s'est incorporé au Çivaïsme, dans les derniers jours du Bouddhisme indien, et il a subsisté au Bengale, après le déclin et l'expulsion de ce dernier culte. C'est ainsi que certains livres médicaux savants contiennent des chapitres séparés sur l'alchimie, chapitres qui débutent par une invocation au dieu Çiva et à son épouse Parvati, à qui l'on attribue l'origine des arts destinés à la cure des maladies.

En tout cas, le *Rasayana* a reçu une forte impulsion du système tantrique, ce système étant devenu le point de départ, dans l'Inde, des sciences réelles ou prétendues, telles que les sciences astronomique, alchimique, magique et les nouvelles doctrines médicales fondées sur l'emploi du mercure, opposées à l'ancienne connaissance des simples et des herbes.

Une alliance semblable entre les sciences positives et les sciences occultes a caractérisé, vers la même époque, en Chine, le Taoïsme. Cette même alliance s'était déjà produite, bien des siècles auparavant, en Occident, entre le mysticisme gnostique, les antiques pratiques de la magie et de l'astrologie et les nouvelles doctrines de l'alchimie. Il y avait une sorte d'affinité spontanée entre ces divers groupes de connaissances, en partie réelles, en partie chimériques, ainsi que j'ai eu occasion de le développer dans mon histoire des *Origines de l'alchimie*. Il est, certes, curieux de retrouver une corrélation semblable dans la Chine et dans l'Inde; mais la date postérieure des documents indiens et chinois tend à faire admettre que les doctrines alchimiques sont venues d'Occident, tout en acquérant une physionomie propre aux civilisations orientales, chez lesquelles elles se propageaient à l'état d'enseignements mystérieux.

Les applications médicales du *Rasayana* offrent, à cet égard, une importance toute particulière. En effet, c'est par ce côté surtout que les alchimistes ont acquis autorité dans le monde. Les médecins syriens et arabes étaient en même temps des alchimistes, comme le montre toute leur histoire authentique, celle d'Avicenne, pour me borner à un seul exemple. Il en a été de même pour Arnaud de Villeneuve et beaucoup d'autres médecins du moyen âge. L'alliance de la médecine et de l'alchimie a été cimentée dès lors par l'emploi des remèdes métalliques et autres fournis par la chimie.

Ainsi les médecins indiens, à partir du XII^e^ ou XIII^e^ siècle, partagèrent les médicaments en deux grandes classes : les drogues anciennes, tirées des herbes, et dites *védiques,* et les drogues plus récentes, tirées des métaux et spécialement du mercure, drogues appelées *tantriques.* « Celui qui connaît les propriétés du mercure est semblable à un dieu; celui qui ne connaît que les recettes des herbes et racines est pareil à un homme », est-il dit dans le *Rasendra chintamannis.* Les rêves de la transmutation du mercure des philosophes et de l'élixir de longue vie sont étroitement associés. Ce sont là des traditions conjointes et que Paracelse a reproduites en Occident, d'une façon indépendante, au XVI^e^ siècle.

La relation entre la chimie et la médecine n'a pas cessé de se poursuivre jusqu'à nos jours, où les progrès de la chimie organique lui ont donné une extension et un éclat extraordinaires. A cet égard, il paraît incontestable que les Indiens ont été en rapport avec la civilisation arabe, et spécialement avec les califes. Il s'est fait à cette époque un échange continuel entre les connaissances médicales des deux pays, les médecins indiens venant étudier à Bagdad, tandis que les étudiants arabes allaient dans l'Inde s'initier aux secrets de la médecine et de la pharmacologie indigènes. Mais nous n'avons à l'égard des connaissances ainsi échangées que des renseignements vagues. S'il est vrai que les plus vieux écrits médicaux savants de l'Inde ne contiennent pas l'indication d'emprunts faits aux Arabes, d'autre part ils ne renferment pas non plus d'indications alchimiques proprement dites. Cependant on doit signaler dans les Ouvrages indiens l'apparition du nom d'Hippocrate, qui joue un si grand rôle dans les écrits syriaques (1). Le Journal de la Société orientale allemande renferme à cet égard plusieurs Mémoires intéressants, signalés au début du présent article.

Quelles sont les connaissances positives en chimie, attestées par les écrits sanscrits qui sont parvenus jusqu'à nous? C'est là une question d'autant plus importante qu'elle permet de préciser un certain nombre de données chronologiques, relatives à la science indienne et aux emprunts successifs qu'elle a faits aux sciences de l'Occident. Voici les renseignements fournis à cet égard par les indications du professeur Rây.

(1) *La Chimie au moyen âge,* t. II : *Alchimie syriaque,* p. 314 et suiv.

Il cite entre autres les Traités suivants, relatifs principalement aux préparations mercurielles; rappelons que le mot *rasa* signifie mercure en sanscrit :

Rasendra sara sangraha, par Gopal Krishna : « Collection des principales préparations mercurielles », Ouvrage probablement écrit au XIII^e^ ou XIV^e^ siècle;

Rasendra chintamannis (XIV^e^ siècle), « Joyaux des préparations mercurielles »;

Sarngadhara sanhita;

Chakra datta sangraha, Traité de pathologie et de thérapeutique, écrit, dit-on, vers l'an 1040;

Rasaratna samuchaya, « Trésor des préparations mercurielles », avec figures d'appareils de distillation, sublimation, calcination;

Bhavaprakasas, écrits vers 1550.

Tous ces Ouvrages sont manuscrits. M. Rây s'en réfère à leurs analyses, publiées dans les catalogues de l'*India office,* d'Oxford, du palais de Janjore, etc., et il en reproduit des extraits. — On remarquera les dates relativement modernes de ces Ouvrages, dont les plus anciens sont du XI^e^ siècle, c'est-à-dire fort postérieurs non seulement aux écrits grecs et syriaques, mais aux vieux maîtres arabes. Dans ces extraits ne figure aucune doctrine alchimique proprement dite, mais uniquement des détails techniques, spécialement appropriés aux préparations pharmaceutiques et médicales; la chimie intervient ici seulement à titre d'auxiliaire de la médecine.

Voici la traduction littérale de quelques fragments du plus ancien de ces traités, le *Rasendra sara sangraha :*

Mon nom est Gopal Krishna. J'ai composé ce Traité après avoir consulté plusieurs Traités écrits par diverses gens qui connaissaient les remèdes mercuriels.

Les médecins prescrivent d'autres remèdes pour les malades faciles à traiter; mais les maladies réputées incurables comportent seulement le traitement des médicaments mercuriels; de là la supériorité du mercure sur tous les autres.

On voit qu'il s'agit d'une époque où l'on attribuait au mercure des propriétés merveilleuses, jusqu'à constituer l'élixir de vie. L'auteur décrit ensuite la purification du mercure, soit par lavages, soit par sublimation. Ce sont des procédés pratiques, sans aucun mysticisme.

Pour purifier le mercure, on le lave avec une bouillie contenant du vinaigre dilué, parce que ce dernier dissout le plomb et les autres métaux qui altèrent fréquemment le mercure.

Le mercure doit être mélangé avec le suc de l'aloès indien et la poudre de curcuma, puis soumis à la sublimation.

Procédé général de sublimation :

« Prenez 3 parties de cuivre en poudre et une partie de mercure. Mélangez, imbibez de

jus de citron, mettez la mixture dans un vase sphérique; placez celui-ci dans un pot de terre et placez au-dessus un autre pot de terre, dont la concavité soit tournée en haut. Lutez les joints avec de l'argile et remplissez le vase supérieur avec de l'eau. Maintenant chauffez le pot inférieur : on trouvera le mercure déposé à la surface du pot supérieur. Les médecins expérimentés donnent la préférence au mercure purifié par ce procédé. »

Une autre méthode procède en distillant *per descensum* et condensant le mercure dans l'eau du vase inférieur.

Dans une autre, le col incliné du vase, renfermant le mercure à purifier (mêlé de soufre, de jus de citron, etc.), est incliné et joint à l'orifice d'un autre vase contenant de l'eau.

Mercure extrait du cinabre. — On mélange le cinabre avec le jus de citron et l'on soumet à la sublimation.

Je crois superflu de reproduire les recettes pour préparer les sulfures noir et rouge de mercure et les chlorures de mercure sublimés. Toutes ces descriptions sont nettes et précises. L'appareil indiqué en premier lieu pour le mercure est sensiblement celui de Dioscoride, transmis sans doute par l'intermédiaire des Arabes. En effet les mélanges divers employés dans ces préparations sont tout à fait semblables à ceux mis en œuvre par les alchimistes arabes et par les latins. C'étaient des recettes compliquées, usitées dans les laboratoires au XIII^e^ siècle et transmises de praticien à praticien en Europe et jusque dans l'extrême Asie.

La composition même des *Rasendra sara sangraha* ressemble singulièrement, par son tour général, à celle des Traités arabes, ou des Traités latins traduits de l'arabe au XIII^e^ siècle, dont j'ai publié les traductions françaises et les analyses dans les Volumes I et II de mon Histoire de *La Chimie au moyen âge*. En effet, on y voit figurer des paragraphes :

1° Sur les préparations mercurielles;

2° Sur les sels de diverses origines : sel extrait de l'eau de mer, sel gemme, etc.;

3° Un autre sur les *Urines* de divers animaux : éléphant, chameau, âne, cheval, chèvre, mouton. Je rappellerai que les urines jouaient dans les préparations du XIII^e^ siècle le rôle de notre alcali volatil, en raison de la formation de ce dernier dans leur décomposition;

4° Un autre paragraphe est relatif aux *dravakas,* fondants ou dissolvants, réunis dans un même groupe, qui comprenait à la fois les baies rouges et noires de l'*Abrus precatorius,* le miel, la mélasse, le beurre clarifié et les « borax ». Cette dernière expression n'avait pas le sens du borax des chimistes modernes; mais elle s'appliquait en réalité à toute liqueur alcaline, dérivée soit du natron, soit des lessives de cendres végétales;

5° Le *Sarngadhara* fournit des détails plus circonstanciés sur ces dernières lessives, lesquelles représentaient les alcalis fixes dans la chimie d'alors;

6° De même les acides étaient représentés par le vinaigre et divers sucs végétaux : jus de citron, jus des oxalis et des rumex, etc. Insistons sur ce fait fondamental, au point de vue historique, à savoir qu'aucun acide minéral proprement dit ne figure dans ces Ouvrages, même au XVI^e siècle;

7° Ensuite viennent diverses matières minérales : soufre, talc, bitume, réalgar, orpiment, pyrites de fer et de cuivre et les sulfates (vitriols) impurs qui résultent de leur décomposition spontanée, sulfure d'antimoine, ocre rouge, etc.

En somme, il n'y avait pas là grand progrès sur la matière médicale de Dioscoride, fidèlement reproduite par les Arabes. Cependant ces derniers y ont ajouté, en même temps ou après les alchimistes grecs, divers composés mercuriels et spécialement les chlorures sublimés (calomel et sublimé corrosif) : or les chimistes indiens en reproduisent fidèlement les recettes.

Le Chapitre II des *Rasendra sara sangraha* est caractéristique à cet égard; il est consacré à la description des procédés propres à amener les divers métaux à des formes solubles, convenables pour leur administration comme remèdes à l'intérieur du corps humain. Les sept métaux y sont aussi étudiés successivement : or, argent, cuivre, plomb, étain, fer et airain [envisagé comme un métal propre, sans doute par un souvenir de l'ancien Electrum ([1])], ainsi que les préparations qui dérivent de ces divers métaux, tant par grillage, oxydation, sulfuration, que par voie humide. Ceci rappelle la composition des Traités arabico-latins, et notamment le Livre VI de l'Alchimie d'Avicenne, les Livres III et IV de Bubacar [pseudo-Rasès ([2])], etc.

Les Chapitres suivants de l'Ouvrage indien sont consacrés au traitement des maladies par l'association des préparations métalliques avec les drogues végétales.

En résumé, les renseignements positifs contenus dans les textes précédents, sur l'état des connaissances chimiques des Indiens, ne nous reportent pas plus haut que le XI^e ou XII^e siècle et leur tradition elle-même ne remonte pas au delà du X^e siècle. Ces connaissances ne vont pas plus loin que celles des Arabes et des Latins, à la même époque, et elles rentrent à peu près dans le même cadre de faits et d'applications médicales; ajoutons que les préparations et les appareils sont les mêmes, sans addition essentielle. Pour compléter cette étude, il serait utile de connaître les procédés techniques des orfèvres et des céramistes, sur lesquels les écrits précédents ne semblent point fournir de renseignements.

En effet l'Inde était déjà le siège d'une civilisation avancée au temps de son contact avec les Grecs. Il y existait assurément une longue tradition des pra-

---

([1]) *La Chimie au moyen âge*, t. I, p. 305.
([2]) *Ibid.*, p. 308-309.

tiques relatives à la fabrication des armes et des ustensiles métalliques, aussi bien qu'à celle des bijoux, à l'emploi des métaux brillants et des pierres précieuses, ainsi qu'aux différents arts céramiques. Mais aucune trace écrite de ces industries ne figure dans les Ouvrages parvenus à ma connaissance; les traces d'une science théorique font également défaut.

Revenons aux Traités d'alchimie du moyen âge que j'examine en ce moment.

En ce qui touche les appareils, les dessins que m'a transmis M. Rây reproduisent l'aludel des Arabes, tel que je l'ai représenté dans mon *Introduction à l'étude de la Chimie des anciens* (p. 172), et diverses figures d'appareils distillateurs, directs ou *per descensum,* bains de sable, etc., toutes figures dont les analogues se trouvent dans la *Bibliotheca Chemica* de Manget. — Ils ressemblent surtout beaucoup aux figures des manuscrits syriaques, reproduits dans le deuxième volume (*Alchimie syriaque*) de mon histoire de *la Chimie au moyen âge;* tels sont un alambic de la page 108 de ce dernier volume, un vase à digestion et sublimation (p. 109), un appareil à digestion avec étuis ou gaines (p. 118), etc. Ces appareils syriaques sont d'ailleurs les plus anciens parmi ceux des Arabes.

C'est seulement dans les Ouvrages indiens des XVII^e^ et XVIII^e^ siècles que l'on rencontre, d'après M. Rây, des préparations plus modernes, telles que celles des acides chlorhydrique, sulfurique, nitrique, du salpêtre, de l'eau régale. Pour préciser, rappelons que les médecins de « Tamil » préparaient l'acide sulfurique (*gundakka attar,* esprit de soufre) en brûlant le soufre avec du nitre dans des vases de terre. Ils obtenaient l'acide chlorhydrique en faisant réagir l'alun sur le sel marin; l'acide nitrique, au moyen du salpêtre et de l'alun; l'eau régale, en distillant dans une cornue de verre un mélange de salpêtre, de sel ammoniac, d'alun et de vitriol vert. Notre salpêtre lui-même n'a été décrit dans l'Inde qu'à une époque relativement moderne; il n'a pas de nom en sanscrit. Cependant c'était un dépôt salin naturel du sol du Bengale, article qui est devenu l'objet d'une exportation considérable. Il est probable que sa fabrication proprement dite n'a été introduite dans l'Inde qu'après l'adoption de la poudre à canon dans la guerre, vers le XV^e^ ou le XVI^e^ siècle.

Observons ici que les procédés qui viennent d'être signalés, tels que ceux de la fabrication des acides, sont précisément les procédés employés par les chimistes européens au XVI^e^ et au XVII^e^ siècle, procédés qui ont été transformés au XVIII^e^ et plus profondément encore à notre époque. De tels procédés n'ont pu parvenir dans l'Inde qu'au temps de l'empire mogol et des conquêtes des navigateurs européens, portugais, hollandais et anglais.

En résumé, la science chimique des Indiens paraît tirer son origine d'une double importation : l'une faite du XI^e^ au XIII^e^ siècle, qui offre les caractères de la science arabe de l'époque, et elle a été introduite sans doute par des échanges d'idées ayant eu lieu au temps des califes de Bagdad. L'autre s'est accomplie

du XVI^e^ siècle jusqu'à notre époque et offre les caractères de la science européenne moderne. Les faits signalés dans le présent article concourent à établir que cette double importation trouve en définitive ses origines, indirectes ou directes, dans la science occidentale.

Tels sont les résultats qui me paraissent susceptibles d'être tirés des faits consignés dans la très intéressante communication du professeur Rây. Je dois dire que cette opinion n'est pas conforme à la sienne; car il croit à l'originalité de l'alchimie indienne, mais plutôt par un sentiment de gloire nationale que d'après des preuves positives. Quoi qu'il en soit, son étude nous fournit l'occasion d'établir de nouveaux points de repère et un jalon des plus importants dans les recherches relatives à l'histoire des origines des Sciences et de leur propagation à travers l'humanité.

VI. — Alchimie indienne, d'après les textes.

A HISTORY OF HINDU CHEMISTRY from the earliest times to the middle of the sixteenth century A. D., with sanscrit texts, variants, translations and illustrations, by Praphulla Chandra Rây, D. sc., professor of chemistry, Presidency College, Calcutta. — Vol. I, Calcutta, 1902, LXXIX-176 pages, 10 figures et deux index. Textes sanscrits, 1-41.

Il y a quelques années, M. le professeur Rây m'a communiqué un Mémoire manuscrit en 43 pages, sur l'histoire de la Chimie et de l'Alchimie indienne, Mémoire dont j'ai publié une analyse critique reproduite dans l'article qui précède. Depuis lors, sur mes encouragements, le savant hindou a poursuivi ses recherches et approfondi ses premiers essais. Aidé par le concours de M. Alexandre Pedler, directeur de l'Instruction publique au Bengale, il a pu prendre connaissance de manuscrits plus anciens, tirés des bibliothèques de Bénarès, de Madras, de Cachemire, ainsi que des publications imprimées d'après divers autres manuscrits. L'un de ces derniers manuscrits notamment, le manuscrit Bower, est réputé écrit au V^e^ siècle de notre ère. Les autres sont de dates inégales, parfois récentes; mais ils renferment des Traités auxquels on attribue une antiquité plus ou moins reculée.

Je rappellerai d'abord ce fait bien connu que les Ouvrages transcrits dans un manuscrit et particulièrement les Ouvrages techniques ou théoriques sont susceptibles de renfermer, à côté des textes auxquels le copiste attribue une date reculée, des additions faites à différentes époques, les plus récentes pouvant être contemporaines de la dernière copie; la date de cette dernière est donc la seule tout à fait certaine. Ces additions ont été faites souvent sans aucune intention de fraude, simplement pour compléter l'étude des questions traitées; mais

il est arrivé parfois qu'elles ont eu pour objet d'antidater certains faits, certains noms, ou certaines doctrines. Si je fais cette observation à l'occasion des manuscrits hindous, c'est que j'ai eu occasion de relever et de discuter de nombreux exemples de cet ordre dans mon histoire de *la Chimie au moyen âge;* particulièrement en ce qui touche les Ouvrages attribués à Hermès et, plus tard, à Geber.

La même chose est arrivée dans l'Inde pour le personnage demi-mythique et demi-historique qui porte le nom de Nagarjunà. Parmi ses successeurs, il existe pareillement, à côté d'un Vagbhata historique, des œuvres dont un pseudo-Vagbhata plus moderne s'est déclaré l'auteur. La critique de ce genre d'Ouvrages et spécialement celle des écrits alchimiques exigent beaucoup de prudence et de sagacité.

Quoi qu'il en soit, nous devons remercier M. Rây du soin avec lequel il a rassemblé les matériaux d'une étude difficile et obscure, et des précieux détails et commentaires qui figurent dans sa publication.

Une première réflexion se présente à l'esprit, après la lecture de son histoire de la chimie indienne; c'est que cette histoire est plutôt d'ordre médical que chimique. En un mot, la Chimie est partout ici subordonnée à la Médecine : il s'agit de doctrines et de recettes médicales plutôt que de doctrines chimiques, ou alchimiques. Les descriptions méthodiques relatives à l'étude et à la préparation des métaux et autres substances n'apparaissent guère dans ces écrits qu'à partir du XIV^e^ et du XV^e^ siècle.

Dans les extraits des vieux Traités que M. Rây nous présente on ne rencontre presque rien qui ressemble aux Traités systématiques de Zosime et des alchimistes gréco-égyptiens, tels que nous les connaissons par la *Collection des textes des anciens chimistes grecs,* ou par celle des textes traduits par les Syriens (1). Les extraits que publie M. Rây ne renferment aucun texte alchimique proprement dit, à l'exception de quelques phrases vagues et de quelques invocations mystiques.

Cette absence de documents alchimiques précis dans les textes indiens les plus anciens peut s'expliquer de deux manières : ou bien M. Rây n'a pas eu connaissance des Traités alchimiques de cet ordre, à supposer qu'ils aient été conservés; ou bien, et plutôt, ces Traités n'ont jamais existé : je veux dire existé avec les longs développements de doctrines et de procédés que nous lisons dans les textes alchimiques occidentaux, écrits dans les cinq ou six premiers siècles de notre ère. On s'explique d'ailleurs cette absence de textes anciens, si l'on admet que les doctrines et imaginations alchimiques ne se seraient pas développées spontanément dans l'Inde, mais qu'elles y auraient été importées plus tard, par l'infiltration des idées et des Ouvrages syro-arabes;

(1) *Voir* mes Ouvrages sur cette Collection et sur la *Chimie au moyen âge,* t. I et II.

importation qui n'apparaît guère que du VIII^e^ au X^e^ siècle de notre ère. Or, c'est précisément vers cette époque que l'influence des idées relatives au mercure se manifeste réellement en médecine chez les Hindous et chez les Chinois.

En tout cas, il y a là un problème à éclaircir : la découverte des moindres textes originaux serait précieuse à cet égard ; mais il serait nécessaire de publier ces textes complets, autrement que par des extraits, et sans addition, mutilation ou mélange d'interprétation de l'éditeur, ou des copistes. C'est à cette condition seulement que les indices de leur véritable origine pourraient être mis hors de doute.

Il nous manque également un autre ordre de données historiques, qui seraient indispensables pour discuter exactement la vraie filiation des idées et des pratiques chimiques et alchimiques dans l'Inde ; ce sont les cahiers de recettes techniques des orfèvres, des peintres, des teinturiers, des céramistes et métallurgistes indiens, aux différentes époques. On sait combien le travail des métaux et celui des industries décoratives ont été poussés loin dans l'Inde et quel sentiment d'un art décoratif délicat se manifeste dans les objets anciens ou modernes qui proviennent de cette contrée. M. Rây a pris soin de consacrer un certain nombre de pages de son livre à la description des pratiques actuelles des artisans indiens. Certes ces descriptions sont très intéressantes ; mais elles se rapportent uniquement aux temps modernes et contemporains. Il serait précieux pour l'histoire de la chimie et de l'alchimie indiennes de posséder des textes analogues soit au papyrus de Leyde, qui m'a fourni la clef des Traités démocritains, soit aux *Compositiones* et à la *Mappæ Clavicula,* qui m'ont permis de constater le maintien des traditions de l'alchimie antique en Occident après la chute de l'empire romain et jusqu'au XIII^e^ siècle, c'est-à-dire jusqu'au moment où renaît la science occidentale, avec les doubles ressources empruntées, d'une part, aux recettes de technique industrielle conservées en Europe et, d'autre part, aux Ouvrages grecs, byzantins et aux Traités arabes de diverse nature, apportés d'Espagne et d'Orient et traduits en latin aux temps des croisades.

Ces Traités de la vieille technique indienne ont-ils disparu, par l'effet du mépris des castes sacerdotales pour les professions des artisans? Ou bien n'ont-ils jamais existé dans l'Inde, tout se bornant à des pratiques additionnelles, où manquait l'appui de ces idées théoriques dont l'art et l'industrie n'ont pas cessé de s'inspirer en Occident? On voit que l'on retrouve toujours le même doute sur l'antiquité de la science chimique proprement dite dans l'Inde : je ne parle pas des pratiques chimiques, qui sont aussi vieilles que la civilisation.

Peut-être la découverte de quelque document inédit, demeuré jusqu'ici caché dans les bibliothèques de l'Inde, permettra-t-elle un jour de jeter de la lumière sur ces problèmes ; à la condition bien entendu que ce document soit tiré de manuscrits bien datés et antérieurs aux influences grecques, arabes, occiden-

tales, qui ont laissé leur empreinte dans les Ouvrages composés ou copiés au cours des temps modernes.

Je ne veux pas m'étendre davantage sur ces desiderata; mais il m'a paru nécessaire de signaler l'absence presque complète de documents authentiques relatifs aux doctrines originales des chimistes indiens proprement dits, avant leur contact avec la civilisation arabe. Il serait tout à fait injuste à cet égard d'invoquer l'absence de cet ordre de textes, dont aucun indice ne permet de soupçonner l'existence, pour critiquer l'ouvrage de M. Rây, qui a consacré un long et consciencieux travail à résumer avec soin et intelligence les matériaux parvenus entre ses mains. On doit, au contraire, lui savoir le plus grand gré de ceux qu'il nous fait connaître. Si je fais les observations qui précèdent, c'est qu'il est indispensable de bien mettre au point les questions relatives aux origines si controversées des sciences de l'Extrême-Orient, particulièrement en ce qui touche les sciences positives telles que la Chimie.

Je vais maintenant essayer de résumer les points qui m'ont le plus frappé en lisant l'histoire de la chimie indienne.

Dans l'introduction de l'histoire de la chimie indienne et dans l'Ouvrage lui-même, M. Rây envisage successivement les périodes suivantes :

I. Notions chimiques dans les Védas;
II. Période ayurvédique (temps préboudhiques jusque vers l'an 800 de notre ère);
III. Période dite *de transition* (de l'an 800 à 1100 après J.-C.);
IV. Période tantrique (de l'an 1100 à 1300);
V. Période iatrochimique (de l'an 1300 à 1550).

Peut-être la démarcation entre ces périodes n'est-elle pas toujours nettement tranchée, surtout entre les trois dernières. Je me bornerai à suivre cette division d'une manière générale.

L'époque des Védas est connue surtout par des documents en grande partie mythiques. Durant cette époque, chez les Indiens comme chez les Egyptiens, toute action humaine et spécialement la médecine et les arts industriels sont poursuivis en faisant concourir les agents naturels et l'influence des êtres surnaturels, sollicités par les incantations et pratiques de la magie et de la sorcellerie.

Dans le Rig Veda, les Açwins, divinités analogues aux Dioscures grecs, sont invoqués comme des médecins divins. Le *soma,* jus fermenté, est l'objet d'une adoration spéciale et regardé comme l'*amrita* (ambroisie des Grecs), liquide divin qui rend centenaire. Dans l'Atharvaveda, les agents employés pour traiter les maladies sont les plantes et leurs produits; mais leur emploi est associé invariablement avec celui des charmes et des invocations. Nous y lisons des incantations destinées à amener la ruine, la mort, la démence, la stupeur des adver-

saires. On s'assure l'amour des femmes par des philtres végétaux, joints à certains maléfices. Plus tard, dans le Mahâbâhrata, l'or est associé au Soleil et regardé comme un élixir de vie, tandis que le plomb est un agent de sorcellerie; mais ce poème est mélangé d'éléments postérieurs.

Les analogues de ces croyances et pratiques se retrouvent chez les Grecs, sans qu'il y ait lieu de croire à quelque emprunt proprement dit de part ou d'autre, c'est-à-dire d'invoquer autre chose qu'une certaine communauté de traditions originelles.

La période ayurvédique présente un caractère plus positif. Elle répond à la période historique proprement dite des Grecs et des Romains. A ce moment, la chimie n'est encore séparée ni de la médecine ni des arts industriels. Mais le médecin est devenu distinct du prêtre.

Avant d'entrer dans plus de détails sur les relations qui se manifestent alors entre les pratiques de la médecine et celle de la chimie, toujours étroitement liées entre elles, il est nécessaire d'exposer brièvement les idées philosophiques des Indiens de cette époque sur la constitution de la matière. En effet, c'est aussi la période des grands systèmes philosophiques, agités avec méthode et profondeur. Je n'ai pas la compétence philologique nécessaire pour parler ici des discussions régnantes relativement à la date de ces systèmes et surtout à l'influence qu'ils ont pu subir de la part de la philosophie grecque, ou exercer sur celle-ci, particulièrement à l'époque alexandrine.

Bornons-nous à rappeler, avec Colebrooke, les systèmes Samkhya et Vaideshika et particulièrement les concepts relatifs à la constitution de la matière. D'après Kapila, auteur du système Samkhya, il existe cinq ordres de particules subtiles ou radicaux nommés Tanmatra, non perceptibles par les sens grossiers de l'homme, quoique perceptibles par des êtres d'ordre supérieur. Ils engendrent cinq éléments plus grossiers : la terre, l'eau, le feu, l'air et l'espace (ou fluide éthéré). L'élément éthéré est le véhicule du son, perceptible par le sens de l'ouïe et dérivé du radical sonore éthéré. L'élément aérien est perceptible par les sens de l'audition et du tact; il dérive du radical tangible de l'air. L'élément igné est perceptible par les sens de l'ouïe, du tact et de la vue; il dérive du radical coloré du feu. L'élément aqueux est perceptible par les sens de l'ouïe, du tact, de la vue et du goût; il dérive du radical sapide de l'eau. L'élément terreux est perceptible par les sens de l'ouïe, du tact, de la vue, du goût et de l'odorat; il dérive du radical odorant de la terre. Ainsi, à chaque sens répond un élément distinct sensible, dérivé d'un radical non perceptible.

Cette doctrine des éléments est analogue à celle d'Empédocle, mais avec des détails plus subtils et l'addition de l'élément éther. Elle a été développée et combinée avec des notions logiques, rappelant Aristote, et avec une théorie atomique analogue à celle de Démocrite exposée par Kanada, fondateur du système Vaideshika.

D'après ce système, les objets perçus par les sens sont caractérisés par six catégories. Mais ce serait sortir de mon sujet que d'entrer dans l'exposition de ces subtilités. Après avoir spécifié ces catégories et défini la substance, en tant que résultant de l'association des qualités et de l'action, le philosophe décrit les propriétés de la terre et de l'eau, toutes deux éternelles en tant qu'atomes, mais transitoires en tant qu'agrégats; celles de la lumière, qu'il assimile à la chaleur : lumière terrestre, telle que celle du feu ordinaire, et lumière céleste, telle que celle des éclairs et des météores, etc. L'or est constitué par la lumière solidifiée par le mélange de quelques parties terreuses, etc. Kanada expose alors sa conception des atomes simples ou primaires, qui sont éternels, puis celle des atomes binaires, ternaires, quaternaires, etc.

Je ne poursuivrai pas plus loin les développements de son système. Observons cependant que cet ordre de conceptions et d'imaginations demi-physiques, demi-métaphysiques rappelle celles des philosophes grecs, depuis Démocrite et Leucippe, inventeurs des atomes, jusqu'à Platon, dans son *Timée,* et Aristote, dans ses *Météorologiques*. Il est facile de signaler entre les philosophes indiens et les philosophes grecs certaines analogies frappantes.

Une influence réciproque s'est exercée réellement entre les deux régions et civilisations, après la conquête macédonienne et la fondation des royaumes grecs de la Bactriane. Elle est manifeste à l'époque alexandrine, c'est-à-dire dans les siècles voisins de l'ère chrétienne : le nom de Bouddha était connu de Clément d'Alexandrie. Les légendes antidatées relatives à Pythagore et la biographie fabuleuse d'Apollonius de Tyane ont conservé la trace de ces contacts. En tout cas, s'il y a eu quelque emprunt du côté des Indiens, il est incontestable que les idées grecques ont été remaniées par eux d'une façon originale et ont subi une élaboration nouvelle, dont la subtilité plus grande et les distinctions plus multipliées semblent accuser le caractère postérieur.

Rentrons maintenant dans les œuvres plus spécialement chimiques du génie indien. Celles-ci, comme je l'ai dit, se rattachent à la médecine et à la matière médicale. A ce point de vue, la fin de la période que nous étudions en ce moment est représentée par deux grands Ouvrages, le Charaka et le Susruta, dont l'origine serait fort ancienne, mais dont la rédaction définitive, telle que nous la possédons, semble contenir, à côté de fragments de date reculée et incertaine, des écrits très postérieurs à l'ère chrétienne, écrits basés d'ailleurs sur le système Vaideshika. La science de la vie (Ayurveda) est regardée comme une science secondaire ; c'est d'ailleurs une révélation directe des dieux, une branche de l'Atharveda.

Parlons d'abord des auteurs de ces compilations.

M. Sylvain Lévy a retrouvé dans le Tripitaka chinois le nom de Charaka, comme guide spirituel du roi indoscythe Kanisha, au II^e^ siècle de notre ère (1),

(1) *Journal asiatique,* t. VIII, 1896, p. 447.

et il le rattache à une tradition grecque. Mais le mot Charaka, d'après M. Rây, serait une appellation collective, qui remonterait beaucoup plus haut.

En tout cas, l'Ouvrage qui porte ce nom aurait passé par plusieurs rédactions ou remaniements, entre autres celle de Vagbhata, postérieure de plusieurs siècles à l'ère chrétienne. Ce livre (perdu aujourd'hui), aurait été traduit en arabe, par ordre des califes, vers le VIII^e^ ou IX^e^ siècle de notre ère, en même temps qu'un autre livre appelé *Nidana*.

Plus tard vint une rédaction nouvelle, attribuée à Nagarjunà, célèbre chimiste bouddhiste, personnage à demi légendaire, sorte d'Hermès trismégiste, que les Indiens regardent comme l'inventeur de la distillation et de la calcination. En fait, ceci nous indiquerait donc le VIII^e^ ou le IX^e^ siècle, comme l'époque où les Indiens ont connu ces dernières méthodes, découvertes par les alchimistes gréco-égyptiens des premiers siècles de notre ère, c'est-à-dire plusieurs siècles avant le califat. C'est, en effet, vers la fin du VII^e^ siècle qu'elles ont été enseignées aux Arabes (1), par l'intermédiaire desquels elles paraissent avoir été communiquées aux peuples de l'Extrême-Orient.

Le Susruta serait moins ancien que le Charaka; la recension en aurait été également faite par Nagarjunà. C'est ici le lieu d'observer que le Charaka et le Susruta ne sont pas des Ouvrages de Chimie, le Charaka étant un livre de Médecine proprement dite et le Susruta un livre de Chirurgie. Le nom de Susruta, comme celui de Charaka, est attribué, dans les Ouvrages indiens, à plusieurs personnages de date différente et qui semblent étrangers à la Médecine. Ce nom figure notamment dans le manuscrit Bower [V^e^ siècle de notre ère (?)].

Le plus ancien commentaire du Susruta est le Bhanumati, par Chakrapani Datta, qui vécut vers l'an 1060 : le texte du Susruta était alors l'objet d'une sollicitude attentive à en maintenir la pureté.

Tel est le résumé des renseignements fournis par M. Rây. Il réfute vivement une opinion développée récemment par le savant orientaliste Haas, d'après laquelle le nom de Susruta serait la corruption arabe de celui d'Hippocrate, changé d'abord en Socrate, le tout d'ailleurs conformément à ce qui est arrivé fréquemment dans ces transcriptions successives des noms grecs.

Comme exemple analogue, je demande la permission de rappeler l'étrange confusion qui existe dans les Traités d'Alchimie syriaque entre Hippocrate et Démocrite (2), ainsi que les transcriptions de noms grecs dans la *Turba philosophorum* (3). Les confusions de ce genre sont bien connues de tous les orientalistes.

---

(1) *Voir* les récits relatifs à Morienus ou Marianus, moine grec chrétien, et à son disciple Calid : *La Chimie au moyen âge*, t. I, p. 242 et 246, et t. III, p. 2.

(2) *La Chimie au moyen âge*, t. II, p. XL et 314.

(3) *La Chimie au moyen âge*, t. I, p. 257.

On a rapproché aussi le système humoral des auteurs indiens, fondé sur les trois humeurs : air, bile et phlegme, de celui des Grecs : sang, bile, eau, phlegme. Je ne prétends pas m'ériger en arbitre de cet ordre de questions : toutefois de semblables analogies ont pu se présenter à l'esprit des médecins de différents peuples. Elles semblent trop vagues pour autoriser des conclusions assurées. Si elles étaient mieux établies, peut-être pourrait-on les rapporter à quelque tradition commune plus ancienne, originaire, par exemple, de la Chaldée, comme le prétendait Terrien de la Couperie.

Voici encore quelques renseignements fournis par M. Rây. Dans le Charaka et le Susruta, on distingue les drogues d'origine terrestre ou minérale, d'origine végétale et d'origine animale.

Parmi les drogues minérales, on cite d'abord : l'or, qui est mis à part; les cinq métaux : argent, cuivre, plomb, étain, fer, et ce qu'on appelle leurs impuretés (1) ou bitumes (?), c'est-à-dire leurs oxydes et autres composés. Viennent ensuite : l'arsenic rouge, réalgar et orpiment; l'antimoine sulfuré; les sels, au nombre de cinq; le sable, les gemmes, les pyrites et leurs dérivés (vitriols) correspondant au misy et au sory des Grecs (2); toutes drogues simples employées en médecine. Leur description et les traitements qu'on leur fait subir, lavages, grillages, infusions et mélanges, rappellent le Traité de Dioscoride : non qu'il y ait emprunt et traduction directs, mais plutôt transmission par intermédiaires, avec certaines modifications dans les procédés. Le soufre figure aussi associé à des drogues végétales, celles-ci empruntées surtout à des plantes de l'Inde. Viennent enfin les drogues d'origine animale : le sang, la bile, le sperme, l'urine (huit variétés selon les animaux), la corne, les cheveux, les os, etc.

Cette distinction des drogues en trois catégories, animale, végétale, minérale, rappelle encore la nomenclature symbolique des alchimistes arabes (3) et spécialement celle d'Avicenne (réel ou prétendu). On pourrait y voir un signe d'origine, les anciens alchimistes grecs n'employant pas cette nomenclature.

Les poisons sont aussi partagés en minéraux, végétaux, animaux.

L'emploi des lessives de cendres et spécialement celui de la pierre à chaux calcinée, pour les changer en solutions alcalines caustiques, décrits dans le Traité que je résume, me semblent indiquer une addition plus moderne, dérivée par voie directe ou indirecte des pratiques de chimistes européens.

Au contraire, on doit signaler comme essentiellement indienne une discus-

---

(1) Ce mot rappelle la dénomination ἰός, rouille, venin, *virus*, de Pline, appliquée par les alchimistes grecs aux oxydes : *Introduction à la Chimie des anciens*, p. 14.

(2) Même Ouvrage, p. 243.

(3) *La Chimie au moyen âge*, t. I, p. 299 et 303.

sion étendue sur la distinction des goûts, leur nombre, leur relation avec les cinq éléments primordiaux; de même les classes d'aliments, dérivés des cinq éléments, possédant les six goûts et les deux propriétés du chaud et du froid.

Observons enfin que dans le Charaka et le Susruta on ne trouve qu'une seule référence relative au mercure : ce qui est un indice d'antériorité par rapport à la période subséquente de médecine mercurielle.

A cet égard et pour nous rapprocher davantage de l'histoire de la Chimie et de ses doctrines propres, dont il n'est guère question dans ce qui précède, on peut ajouter que la pharmacopée indienne primitive, telle qu'elle figure dans les Ouvrages précédents, ne contient pas de sels métalliques, ni surtout ces préparations mercurielles caractéristiques de la période tantrique.

Au contraire, cet ordre de préparations a établi son autorité au XI^e^ siècle, dans les Ouvrages de Vrinda et Chakrapani Datta, commentateurs de Charaka et de Susruta. Ils recommandent en même temps de faire intervenir les prières cabalistiques du culte tantrique, comme auxiliaires de certaines de leurs préparations.

A cette même époque, l'Alchimie proprement dite apparaît nettement dans l'Inde, d'après Albirouni, surtout comme auxiliaire de la Médecine. Albirouni ajoute que les Indiens désignent leur science alchimique sous le nom de *Rasayana*, et qu'elle enseigne les procédés propres à restaurer la jeunesse et à allonger la vie, c'est-à-dire la fabrication de l'élixir de longue vie. Cette fabrication est, comme toujours, congénère de celle de l'or et de la pierre philosophale. Le mot *rasa* lui-même désignait, à l'origine, le chyle générateur du sang; mais il fut depuis réservé au mercure et à ses composés divers. Les théories exposées par Albirouni sur la constitution des métaux, en tant que formés de soufre et de mercure, sont celles des Arabes. L'Alchimie a été en honneur dans l'Inde, principalement durant la période tantrique, du XII^e^ au XIV^e^ siècle.

A ce moment, les idées mystiques et magiques jouaient un grand rôle dans le bouddhisme indien, dont la pureté originelle avait été altérée par le culte de Siva et de certaines divinités étranges, reste des anciennes religions de l'Inde. Les sciences positives et les sciences occultes y sont jointes en un amalgame singulier, que l'on retrouve dans le taoïsme chinois, aussi bien que dans les antiques traditions du gnosticisme occidental, ce dernier fort antérieur comme date. Ces pratiques remontent peut-être aux origines mêmes de l'espèce humaine; la Chaldée et l'Égypte les ont connues. Aussi ont-elles été associées aux premières doctrines scientifiques. En tout cas le culte de Siva, déjà établi dans l'Inde au XII^e^ siècle de notre ère, avec le phallus comme emblème, renferme un mélange de procédés alchimiques et de rites obscènes.

Vers le XI^e siècle, les connaissances chimiques sont exposées entre autres dans le Rasaratnakara, toujours attribué à Nagarjunà, dont le nom prend ainsi une sorte de caractère générique, et dans le Rasarnava (mer de mercure), l'un des tantras du culte de Siva. La notion mystique du mercure des philosophes, élément supposé des métaux, apparaît alors, associée et confondue avec la connaissance du mercure proprement dit. Mais les tantras joignent à ces notions générales, congénères de celles des alchimistes grecs et arabes, des idées mystiques, d'un caractère original. « C'est par le mercure, dit le dernier Ouvrage, que l'on rend le corps impérissable, de façon à le soustraire à la nécessité de la mort. » En effet, le corps, en tant que composé des six enveloppes de l'âme, est dissoluble; tandis que le corps créé par Hara et Gauri (désignés sous les noms du mercure et du mica) est permanent. L'ascète qui aspire à la « libération » dans cette vie doit d'abord se faire un corps glorieux, engendré comme le mercure par la conjonction créatrice de Hara et de Gauri. « Leur combinaison, ô déesse (1), détruit la mort et la pauvreté. » L'auteur cite ici les noms des sages qui ont atteint la « libération » dans cette vie actuelle, en acquérant un corps divin (ou mercuriel) par l'efficacité du mercure. Le mercure fixé guérit les maladies; le mercure éteint (amorti, mortifié) ressuscite les morts; c'est un médicament suprême, qui rend le corps incorruptible et impérissable. L'adoration du mercure sacré est plus béatifique que l'œuvre de tous les emblèmes phalliques. Dans la *Revue des systèmes philosophiques*, par Madhavacharya, abbé-chef du monastère de Sringeri en 1331, le sixième système est désigné sous le nom de *système mercuriel*. Le mercure est appelé *semence de Siva*, dénomination qui rappelle la semence d'Hermès et la nomenclature symbolique des scribes sacrés de l'Égypte (2), reproduite en partie par Dioscoride et par Avicenne (3). Dans Marco Polo on retrouve cette opinion que les sages indiens vivent de 150 à 200 ans, en usant d'un breuvage étrange renfermant du soufre et du mercure. Ainsi, d'un symbolisme mystique, les Indiens avaient passé à une interprétation médicale positive et à la préparation des médicaments métalliques.

L'application matérielle de ces doctrines et de ce symbolisme mystique ne devait être faite que par les initiés; autrement leurs conséquences littérales étaient susceptibles de se traduire par des empoisonnements. C'est ce qui paraît en effet avoir eu lieu en Chine, où plusieurs empereurs, vers le X^e siècle, ont été, dit-on, victimes de l'emploi des remèdes destinés à leur procurer l'immortalité.

En tout cas, nous sommes ici dans l'Inde en période alchimique : le pseudo-Vagbhata nous donne les noms de 37 alchimistes renommés.

---

(1) Parvati, associée de Siva.

(2) *Introduction à la Chimie des anciens*, p. 11.

(3) *La Chimie au moyen âge*, t. I, p. 303.

On voit par ces détails exacts que le développement de cette science, demi-réelle, demi-chimérique, a été tardif dans l'Inde. La floraison n'en a réellement eu lieu que dans la période tantrique. S'il paraît certain, d'après les textes des annalistes arabes, que les califes Haroun et Mansour ont fait traduire à Bagdad quelques Ouvrages de médecine indienne, en même temps que des Ouvrages grecs et syriaques, nous ignorons ce que renfermaient ces Ouvrages et rien ne permet de supposer qu'ils continssent des notions chimiques proprement dites. Les théories signalées dans Albirouni et dans les auteurs indiens de date certaine ont le caractère de doctrines dérivées de celles des chimistes arabes, lesquelles elles-mêmes se rattachent, par l'intermédiaire des Syriens, à celles des alchimistes gréco-égyptiens. Les Indiens ont donné à ces doctrines leur empreinte et une certaine figure originale en les incorporant dans leurs systèmes religieux.

Citons, d'après M. Ray, des extraits des plus anciens Ouvrages qui contiennent des renseignements chimiques précis :

Le tantra intitulé *Rasarnava* (XIII^e^ siècle) (mer de mercure) expose la science sous la forme d'un dialogue entre Siva et son épouse Parvati. Le mercure est réputé composé de cinq éléments et assimilé à Siva lui-même. Dans cet Ouvrage on trouve la description de nombreux appareils et préparations chimiques. L'auteur insiste sur les procédés propres à tuer le mercure, c'est-à-dire à l'amortir, comme nous disons encore aujourd'hui, en le réduisant en poudre; notamment pour préparer le vermillon avec le soufre et le mercure. Tous les métaux peuvent être tués avec un mélange de vitriol vert, de sel gemme, de pyrite, de soufre, de natron et de divers ingrédients végétaux.

On remarquera que la mort des métaux et leur résurrection sont des expressions courantes en alchimie.

Notre auteur enseigne aussi à teindre les métaux, spécialement le cuivre, en le traitant par la calamine; ce qui, dit-il, le change en or (laiton).

Le *Rasaratnasamuchchaya,* Ouvrage écrit entre le XIV^e^ et le XVI^e^ siècle, est déclaré au début l'œuvre de Vagbhata, fils de Simhagupta, prince des médecins : c'est encore un pseudonyme. Son Traité est un exposé méthodique de la chimie, telle qu'elle était connue alors; il traite du mercure, des minéraux et métaux, de la construction des appareils, des formules mystiques de purification des métaux, de l'extraction des principes actifs, de la fusion, de l'incinération. Les vertus du mercure y sont exaltées : « Son emploi délivre l'homme d'une multitude de maladies. Le dieu du feu le fait couler dans le Dardistan, région montagneuse du Cachemire où se trouvent des mines de cinabre. Celui qui obtient le mercure, préparé avec le concours de rites magiques et mystiques, assure à ses adeptes le bonheur et la santé, la richesse, le pouvoir de transmuter les métaux et de prolonger la vie. »

Le Livre II traite ensuite des rasas, minerais et produits métalliques spécialement mercuriels.

Le Livre III traite des *uparasas* ou rasas inférieurs, tels que le soufre, l'ocre rouge, le vitriol, l'alun, les sulfures d'arsenic, orpiment et réalgar, le sel ammoniac, le cinabre, etc. On y décrit les variétés de chaque espèce de drogue, sa purification, son traitement par différents jus de plantes et liquides, etc.

Dans le Livre IV sont énumérées les gemmes ou pierres précieuses, qui jouent un si grand rôle dans le monde depuis les temps les plus reculés. Les Orientaux les ont toujours en estime particulière. Elles sont ici examinées au point de vue de la matière médicale. On cite en particulier les suivantes : diamant, perle, pierre du soleil (escarboucle?), pierre de lune (sélénite), lapis-lazuli, émeraude, topaze, saphir, corail, etc.

Le Livre V examine les propriétés des métaux purs : or, argent et fer, et celles des métaux à odeur fétide, plomb et étain. Il y a cinq variétés d'or, dont trois mythiques et de céleste origine, une tirée des minerais, une obtenue par transmutation. L'argent a trois variétés, le fer trois, l'étain deux, etc.

Dans le Livre VI, il s'agit de l'initiation et de la discipline des adeptes.

Le Livre VII décrit le laboratoire et ses ustensiles; le Livre VIII, les termes techniques; le Livre IX, les appareils.

Dans le Livre XI, spécialement consacré au mercure, la purification de ce métal doit être opérée « un jour de bon augure et sous une étoile favorable ».

Je ne pousserai pas plus loin ce résumé des analyses de M. Ray, ayant déjà publié des détails circonstanciés sur les travaux de ce savant professeur relatifs aux Ouvrages de Chimie indienne de date postérieure, dont il a entrepris l'étude; mais je ne puis terminer mon article sans le remercier encore une fois d'avoir exécuté ce long et pénible travail, et d'avoir signalé et analysé les Ouvrages nouveaux dont il nous révèle l'existence. C'est un chapitre intéressant ajouté à l'histoire des Sciences et de l'esprit humain, chapitre particulièrement utile pour la connaissance des relations intellectuelles réciproques, qui ont existé entre les civilisations orientales et occidentales.

VII. — Les Lapidaires chinois.

Tome I. *Les Lapidaires chinois;* par M. DE MÉLY. Ouvrage publié sous les auspices du Ministère de l'Instruction publique et de l'Académie des Sciences. Introduction, texte et traduction, avec la collaboration de M. H. Courcel, in-4°. Paris, chez E. Leroux, 1896.

I.

Les Lapidaires sont des Traités dans lesquels on expose les propriétés des pierres et leurs vertus : on y comprenait dans l'antiquité et au moyen âge les

pierres précieuses et les pierres communes, les minéraux, roches et pétrifications, les sels et autres substances cristallines d'origine minérale, et même les métaux, quoique ces derniers formassent une catégorie à part. Il existe des Lapidaires occidentaux : grecs, latins, français, allemands, espagnols, etc., et des Lapidaires orientaux : arabes, hébraïques, arméniens, sanscrits, chinois. Ces Recueils sont fort précieux pour l'histoire des sciences, des arts et des religions, en un mot, des civilisations d'autrefois. En effet, ils renferment des documents très variés : les uns positifs et pratiques, minéralogiques, géographiques, historiques, fondés sur des observations réelles et applicables à la métallurgie, à l'exploitation des mines, à la médecine et à diverses industries, les autres mythiques, légendaires, magiques, astrologiques, symboliques, et qui nous font connaître les opinions, les croyances, les superstitions de leurs contemporains. C'est une source inépuisable de renseignements, mais qui demande à être mise en œuvre avec beaucoup de prudence et de méthode. Les Lapidaires permettent d'établir le caractère véritable des connaissances des anciens peuples en des ordres divers; la filiation des idées et des découvertes, et, disons-le aussi, des préjugés et des erreurs, propagés d'une nation à l'autre, dans le cours du temps et de l'espace.

Aussi comprend-on l'attrait que l'étude des Lapidaires a présenté pour un esprit distingué et curieux, tel que M. de Mély. Mais, si vaste et intéressant que soit ce domaine, il a été à peine exploré jusqu'ici, parce que les textes mêmes des Lapidaires sont demeurés pour la plupart manuscrits; ou bien, ce qui revient au même, non imprimés en Europe. M. de Mély a pensé, avec raison, qu'il fallait d'abord publier les principaux Lapidaires, en y joignant les traductions et commentaires convenables. C'est là une œuvre considérable, de très longue haleine.

L'auteur a débuté par celui des Lapidaires le plus éloigné de nous par la langue, comme par les traditions du peuple pour lequel il a été composé, le Lapidaire chinois. Je vais essayer d'en donner une idée, afin de marquer le caractère et l'importance de l'œuvre entreprise par M. de Mély.

II.

Exposons d'abord le plan du volume.

Il débute par une introduction en 58 pages, dans laquelle M. de Mély explique comment il a été conduit à prendre comme base de sa publication une encyclopédie japonaise rédigée au siècle dernier, le *Wa-Kan-San-Tsaï-Dzou-Ye* (1),

(1) En chinois : *Ho han san ts'aï t'ou hoei.*

dont les Chapitres LIX, LX, LXI sont consacrés aux pierres, métaux et minéraux. Les caractères idéographiques sont, comme on le sait, les mêmes en japonais qu'en chinois. M. de Mély en donne la traduction (p. 1 à 150) et il reproduit le texte chinois, en 144 pages avec figures, d'après des photogravures de ce texte imprimé, photogravures qui, par leur nature même, excluent toute erreur de transcription ou d'impression (autres que celle du texte original, bien entendu). Le texte est accompagné de commentaires japonais. Ce texte même est extrait du *Pen ts'ao kang mou,* vaste compilation chinoise relative à la médecine et à l'histoire naturelle, exécutée par Li Chetche, d'après les ordres de l'empereur Kia tsing, qui vivait au milieu du XVI^e^ siècle de notre ère, et présentée en 1596 par le fils de l'auteur à l'empereur Wan lih, de la dynastie des Ming.

La traduction des portions du *Pen ts'ao kang mou* non reproduites dans le *Wa-Kan-San-Tsaï-Dzou-Ye* a été retrouvée par M. de Mély, dans un manuscrit dû à un médecin nommé François Van der Monde, qui a séjourné à Macao (1720-1732). Cette traduction se trouve aujourd'hui à la bibliothèque du Muséum d'Histoire naturelle de Paris, accompagnée de 80 échantillons minéralogiques rapportés par lui, vus et signalés depuis par Ed. Biot, puis réputés perdus, et dont 72 ont été retrouvés de nos jours par M. Lacroix, professeur au Muséum. M. de Mély a reproduit ce complément dans les notes de son Lapidaire, qui forment 102 pages du volume. On y rencontre aussi une petite nomenclature chinoise de pierres et minéraux, écrite au XIV^e^ siècle et traduite par Bretschneider. On y lit surtout de nombreuses citations d'un Ouvrage européen capital, publié à Yokohama (1878-1883), et intitulé : *Les produits de la nature japonaise et chinoise* (2 vol. in-8°), par le D^r^ Geerts, professeur de Chimie et d'Histoire naturelle à l'École de Médecine de Nagasaki. Douze pages du volume de M. de Mély (253-264) sont consacrées au travail indispensable des identifications de nomenclature. Ces identifications reposent en partie sur des déterminations philologiques, pour lesquelles je n'ai aucune compétence; en partie sur l'étude des échantillons étiquetés, rapportés par Van der Monde et qui existent au Muséum, échantillons étudiés déjà par Ed. Biot (*Journal asiatique,* 1835-1840), et revus avec plus d'autorité, dans ces derniers temps, par M. Lacroix. Les analyses faites au Japon par le D^r^ Geerts ont, sous ce rapport, une importance exceptionnelle. Je rappellerai également l'ouvrage de M. Champion, paru en 1869, sur les industries anciennes et modernes de l'Empire chinois, d'après les renseignements personnels de l'auteur, qui a voyagé en Chine, joints aux notes tirées par Stan. Julien du *Thien-kong-khaï-wou,* Ouvrage de Song-ing-Sing, daté de 1637. M. de Mély s'est aidé également des livres suivants :

PUMPELLY, *Geological Researches in China, Mongolia and Japan,* publié dans le *Recueil de l'Institut Smithsonien,* t. XV. Washington, 1867, in-4°.

PFIZMAIER, *Beiträge zur Geschichte der Edelsteine und des Goldes*, p. 181-256 du t. LVIII (1866) des *Mémoires de l'Académie impériale des Sciences de Vienne.*

Notices d'ABEL RÉMUSAT sur le *Wakan-San-T'sai-Dzou-Ye*, publiées dans la collection des *Notices et extraits des manuscrits*, par l'Académie des Inscriptions (1827).

J'y joindrai moi-même, dans le cours du présent article, divers documents, empruntés à une collection de 16 volumes in-4°, publiés à Paris de 1776 à 1816, lesquels renferment des Mémoires concernant l'Histoire, les Sciences, les Arts, etc., des Chinois.

Le volume de M. de Mély se termine par un index de 36 pages, fort utile pour établir la concordance entre les diverses portions du livre.

Tel est le plan de cet important Ouvrage, et telles sont les principales autorités sur lesquelles il s'appuie.

Peut-être eût-il été préférable, au point de vue de la clarté, que l'auteur eût reproduit directement le *Pen ts'ao kang mou,* et qu'il eût concentré et fondu, dans des notes au bas des pages, les documents de toute nature qu'il a rassemblés en appendice. Les recherches dans son volume sont rendues souvent pénibles par la nécessité de consulter à la fois et constamment le texte de l'encyclopédie, les notes complémentaires, les identifications, sans lesquelles la comparaison avec les produits européens est impossible, enfin l'index qui relie le tout. L'unité de composition de son livre eût gagné à cette fusion. Mais, en somme, tous les documents y sont, et c'est là une critique légère, qui ne diminue en rien la grandeur du service rendu à la Science par cette publication.

Entrons maintenant dans l'examen intrinsèque du *Lapidaire chinois*. Je présenterai d'abord quelques observations sur la valeur historique et sur le caractère des témoignages que l'on peut en tirer, relativement à la Science chinoise. Ensuite je passerai brièvement en revue le Traité chinois, j'en comparerai les faits, les doctrines et les préjugés à ceux des minéralogistes de l'antiquité gréco-latine et du moyen âge, et j'essaierai d'y rechercher, avec l'aide de M. de Mély, la trace des emprunts, avoués, inconscients ou déguisés, qui ont pu être faits par les Chinois en ce domaine, comme en tant d'autres, à la Science occidentale, depuis le moyen âge jusqu'à nos jours.

III.

Il s'agit d'abord de définir la valeur historique du document contenu dans le *Wa-Kan-San-Tsaï-Dzou-Ye*. C'est une encyclopédie datée du XVIII^e^ siècle : les additions et annotations japonaises qui y sont contenues ne comportent pas de date certaine, antérieure à celle-là. Elles présentent d'ailleurs, sur plus d'un point, un caractère de scepticisme tout moderne, relativement aux légendes.

Mais le texte principal est tiré du *Pen ts'ao Kang,* imprimé, dit-on, en 1596. Je ne sais s'il existe encore des exemplaires authentiques de cette édition originelle.

En admettant que les éditions successives n'aient subi aucun changement, les données contenues dans ce dernier Ouvrage auraient donc été réunies à la fin du XVI^e^ siècle. C'est une compilation, pour laquelle l'auteur chinois dit avoir consulté plus de 800 livres anciens. Quelle que soit la sincérité de cet auteur, une semblable compilation ne saurait offrir le même caractère de précision et de connaissance directe des choses que les livres qui ont servi à la fabriquer, livres dont plusieurs sans doute étaient déjà de seconde ou de troisième main. Or, dans une science historique ou naturelle, on ne saurait atteindre la certitude, ou plutôt la probabilité, que par la connaissance directe des sources. Quelles étaient ces sources? Quelle était la véracité de ces auteurs, leur science positive de la nature? Quelle est la date authentique de leurs compositions? Ce sont là des questions que soulève perpétuellement l'examen des documents chinois de tout ordre, et que des études ultérieures et plus approfondies pourront seules éclairer. En fait, nous avons ici en main des documents du XVI^e^ siècle.

Dès lors nous sommes, vis-à-vis de la science chinoise en Minéralogie, à peu près dans la même situation où nous nous trouverions si nous ne connaissions Aristote que par les manuels de la fin du moyen âge; ou, plus précisément, si nous possédions uniquement en Minéralogie les Traités latins imprimés d'Agricola et de ses contemporains, et le Lexique alchimique de Rulandus, Traités dans lesquels figurent confusément des renseignements de date et de nature diverses : les uns remontant à Pline, à Dioscoride, à Théophraste, c'est-à-dire à mille huit cents ou deux mille ans en arrière; les autres extraits des encyclopédies de Vincent de Beauvais et des Traités d'Albert le Grand, c'est-à-dire d'Ouvrages écrits à la fin du XIV^e^ siècle; d'autres enfin contemporains du XVI^e^ siècle. Sans doute, une étude attentive nous permet aujourd'hui de démêler, quoique non sans peine, dans ces œuvres latines du XVI^e^ siècle, ce qui appartient aux différentes époques dont leurs éditeurs ont compilé les écrivains. Mais la chose n'est possible que parce que nous avons en main les Ouvrages authentiques plus anciens, qui fournissent des termes de comparaison. Or c'est là ce qui fait défaut en l'état présent de nos connaissances sur la Science chinoise. Jusqu'à preuve du contraire, on ne saurait garantir à cette Science d'autre date absolument certaine que celle des documents imprimés qui sont entre nos mains. Certes, on y trouve la trace de connaissances plus anciennes; mais cette trace même est devenue très indécise, en raison de l'absence des noms, des dates et des œuvres des auteurs dont les écrits ont servi de base aux compilations finales. Si le *Pen ts'ao Kang* avait conservé les titres et les dates des 800 Traités qui y sont résumés, et reproduit avec exactitude chacun des textes primitifs, nous pourrions essayer de pénétrer plus avant dans la question histo-

rique qui nous préoccupe. En l'absence à peu près complète de ces renseignements, nous sommes réduits aux indications plus générales et plus vagues des chroniques chinoises, dont la date et l'authenticité soulèvent précisément les mêmes difficultés.

A cet égard, et pour préciser la valeur des renseignements scientifiques que l'on rencontre dans ces chroniques, je demande la permission de reproduire quelques éclaircissements que M. Chavanne, professeur de chinois au Collège de France, a bien voulu me communiquer. D'après ses indications, j'ai consulté, en vue de l'objet spécial du présent article, la traduction française, par le P. de Mailla, d'une Histoire générale de la Chine (13 vol. in-4°, Paris; 1777-1785). Cette histoire a pour base l'ouvrage intitulé *Ts'etche-t'ong Kien*, composé par Se-ma-Koang, qui a vécu de 1009 à 1086 après J.-C. Il commence en l'an 403 avant J.-C. et s'étend jusqu'à l'an 959 après J.-C. La chronologie certaine de la Chine ne débuterait d'ailleurs, d'après les personnes autorisées, qu'en l'année 841 avant J.-C. et toute son histoire antérieure n'aurait une certitude suffisante qu'à partir du XI^e^ siècle.

Ajoutons enfin que même la Table chronologique légendaire des souverains de la Chine, traduite par le P. Amyot, part seulement de l'année 2637 avant J.-C. et l'histoire mythique de ces souverains de Fou-hi en 2852. Il résulte de ces données que l'histoire chinoise, même dans ses prétentions, remonte bien moins haut que celle de l'Égypte ou de la Chaldée. Ajoutons qu'elle ne repose pas, comme ces dernières, sur une longue série d'inscriptions, de monuments, de papyrus. Non seulement les guerres, les invasions et les changements réitérés de capitale ont anéanti la plupart des anciens monuments; mais encore on sait que l'empereur Thsin-chi-Hoang-ti (255-210 avant J.-C.) ordonna, en l'an 213, l'incendie général des livres, la destruction des monuments anciens et l'exécution des lettrés, demeurés fidèles aux traditions : ce qui a fait disparaître une multitude de précieux documents. Les livres des philosophes de la nature, c'est-à-dire ceux des partisans de la secte des Tao-tse, et ceux des alchimistes en particulier, ont été brûlés en Chine à différentes époques et jusqu'au commencement du XV^e^ siècle de notre ère. D'après Ma-toan-lin, mort vers 1325 de notre ère, aucun livre de médecine, ou analogue, antérieur à l'an 213 ne serait arrivé jusqu'à son temps.

Mais revenons à cet ancien document qui sert de base à l'histoire écrite de la Chine, l'ouvrage de Se-ma-Koang, du XI^e^ siècle de notre ère. Il ne nous est pas parvenu sous sa forme originale. En effet, il a été remanié postérieurement, par l'addition de Chapitres sur les temps antérieurs à l'année 403 et sur les temps postérieurs, jusqu'à l'avènement de la dynastie actuellement régnante des Ts'ing. Ainsi a été composé en définitive le *Tong-Kien-Kang-mou*, édité en 1717 par l'empereur K'ang-hi. C'est cette dernière compilation qui a été traduite par le P. de Mailla. On affirme qu'elle renfermerait des documents

tirés des historiens canoniques, dont le plus ancien d'ailleurs est Se-ma-ts'ien, qui écrivait vers l'an 100 avant notre ère. Mais il résulte du récit précédent que la date définitive des exemplaires que nous possédons ne remonte pas au delà du XVIII^e^ siècle.

Ces remarques s'appliquent, d'après M. Chavanne, avec plus de force encore à Ma-toan-lin, dont les éditions seraient remplies d'erreurs de toute nature. Cet auteur a composé une sorte d'encyclopédie, le *Wan-hian-thoung-Khao,* sorte de Larousse, formé avec les extraits des livres les plus curieux en toutes sortes de sujets, et composé lui-même d'après le plan de Thou-Yeou, auteur qui écrivait au VIII^e^ siècle. Il renferme une sorte de statistique générale de l'empire chinois, avec additions diverses, notamment sur les phénomènes célestes, prodiges et calamités, singularités de toute espèce. Cette encyclopédie n'a pas été traduite jusqu'à présent en français. Mais on en a souvent fait des extraits et tiré des renseignements.

On voit par ces détails précis que, dans l'ordre des connaissances scientifiques en Chine, comme dans celui de l'histoire générale, nous ne possédons guère en Europe que des compilations, dont les éditions actuelles sont du XVIII^e^ siècle, et dont la composition est postérieure à l'an 1000. Ce sont des compilations successives, copiées servilement les unes sur les autres, et dont il n'existe pas de manuscrits anciens, l'extrême diffusion de l'imprimerie les ayant fait disparaître. Le peu de garantie que nous avons consiste précisément dans cette servilité. Mais jusqu'à quel point a-t-elle empêché les interpolations, dues à la vanité nationale ou à l'ignorance; interpolations si fréquentes en tous pays dans les copies des compilations de cette espèce? Je retiendrai d'ailleurs ce fait, que nous ne possédons pas, au moins dans aucune langue européenne, d'Ouvrage scientifique chinois, attribuable à un personnage déterminé et original, mais seulement des compilations formées de documents anonymes. Peut-être existe-t-il des Ouvrages de ce genre dans les bibliothèques chinoises, jusqu'ici si peu connues des savants européens. En attendant, il m'a paru indispensable d'établir le caractère véritable de nos connaissances relativement à la portion des sciences chinoises dont le Lapidaire actuel nous fait connaître l'état.

Je ne saurais avoir la prétention de trancher de semblables doutes. Je me bornerai à dire que le présent volume, relatif aux Lapidaires chinois, me paraît représenter réellement l'état de la minéralogie chinoise au XVI^e^ siècle. A ce point de vue, d'ailleurs, il est intéressant d'y rechercher la trace de souvenirs, de traditions, de légendes, semblables ou identiques à celles qui existent dans l'histoire mieux connue des sciences de l'Occident. On pourra ainsi juger, ou tout au moins soupçonner, les emprunts faits à ces sciences par les Chinois, lors de leurs contacts historiques avec les Syriens, les Persans, les Arabes, d'abord, et plus tard avec les Mongols, les Vénitiens et autres Européens, jusqu'au mo-

ment où s'établirent, au XVI^e^ siècle, entre les nations européennes et la Chine, des relations qui n'ont cessé de se développer depuis.

IV.

Le Lapidaire débute par une introduction sur les pierres et les métaux :

La pierre est la racine du principe *ki* et l'os de la terre. Si elle est grande, elle forme les rochers; si elle est petite, les cailloux, le sable, la poussière.

La partie bonne du principe *ki* devient de l'or et du jade; la partie mauvaise de l'arsenic (sous deux formes appelées *yu* et *p'i*). Quand le principe *ki* est fixé sous forme solide, il forme du plomb bleu; à l'état de transformation, il devient visqueux et forme de l'alun et du mercure.

Le sel et le lait se transforment en pierres. De même certains arbres ou plantes, certains êtres volant ou marchant, la foudre et les étoiles filantes, objets sans formes qui prennent ainsi une forme définie. Les métaux et les pierres ont une variété de formes, un emploi, une utilité sans limites.

Sous le titre de *Métaux et pierres*, l'auteur étudie quatre classes d'objets : les métaux, le *yu* (jade et pierres précieuses), les pierres et les sels.

Puis viennent des détails pratiques sur les procédés pour entailler les rochers par l'action du feu, ou du kin-kang-che (corindon?), pour les polir, en enlever les taches, les réduire en poudre par l'action du feu et du vinaigre, y graver des caractères.

Deux autres sections décrivent les pierres célèbres de la Chine et du Japon, avec un mélange d'observations réelles et de légendes : pierres qui s'enflamment au contact de l'eau, pierres lumineuses, etc.

Celui qui s'assoit sur le côté oriental de la pierre *lo sing* éprouve du bien-être; celui qui s'assoit sur le côté occidental meurt.

Une autre pierre fait enfler les pieds des gens qui s'assoient dessus. Au Japon, une pierre d'abord vénérée fut ensuite brisée, le bruit s'étant répandu qu'elle était sous l'influence des mauvais esprits : on réunit du bois combustible, on calcina la pierre et l'on versa dessus trente muids de vin, ce qui la réduisit en fragments, que l'on plaça dans des terrains marécageux, afin qu'ils ne pussent être foulés aux pieds des hommes et des chevaux et leur nuire.

La fin de cette introduction, étant relative à des faits et traditions propres à la Chine et au Japon, ne donne lieu à aucun rapprochement spécial; la similitude avec certains contes de Pline et des écrivains du moyen âge s'expliquant d'elle-même, sans aucune filiation. J'en dirai autant du procédé pour rompre une

pierre par les actions successives du feu et du vin; les Grecs et les Latins employaient le vinaigre. Mais ce sont là des artifices qui se retrouvent chez tous les peuples primitifs. Il en est de même de l'idée que certaines pierres sont produites par la chute de la foudre.

Cependant on doit attacher une attention particulière au paragraphe qui concerne la génération des diverses substances au moyen du principe *ki*. Ce principe peut être rapproché de la matière première de Platon, dans le *Timée*, fonds commun de toutes les matières différentes, tout en étant elle-même dépourvue de forme particulière. Il rappelle également l'exhalaison d'Aristote, sous sa double forme sèche et humide. La fixation de l'exhalaison humide produit le plomb, et les métaux, de même que celle du principe *ki*. Mais, si ce dernier principe est imparfaitement fixé, il forme le mercure, métal liquide, ou l'alun, le vitriol et les sels, substances moins compactes et susceptibles de se dissoudre dans l'eau. La ressemblance de cette notion avec celle des Grecs est frappante, sans qu'il y ait pourtant identité. Notons également, dans cet ordre d'idées, le changement de la foudre, « objet sans forme, en une pierre à forme définie ».

La classification des corps en quatre classes, les métaux, le *yu* (type des pierres précieuses), les pierres et les sels, est essentiellement empirique, et par conséquent ne soulève aucun problème d'origine historique. Mais il en est autrement de cette glose japonaise : « L'eau, le feu, la terre, les pierres sont les quatre principes de l'univers. » C'est là une expression incomplète de la théorie chinoise, qui met en avant cinq éléments : le feu, l'eau, les métaux, la terre et le bois, manifestations produites par le concours du principe mâle et actif (*yang*, soleil) et du principe femelle et passif (*yu*, terre).

La pierre notamment est regardée comme de la terre congelée. Elle se formerait au sein de la terre en cinq cents ans, par le concours divers du principe mâle et du principe femelle. Le cristal serait produit, dans l'espace de mille ans, par la transformation de l'eau.

Observons que le concours de l'élément mâle et de l'élément femelle dans la génération des pierres et des métaux est aussi un principe des alchimistes gréco-égyptiens : « Par le mâle et la femelle, l'œuvre est accomplie », axiome attribué à Hermès.

Il existe une parenté évidente entre ces idées et la théorie grecque des quatre éléments : terre, eau, air, feu. Cependant, en somme, il s'agit d'idées, ou plutôt de systèmes qui ont pu naître par la seule vue de la nature, en vertu des réflexions qu'elle a suscitées dans l'esprit de différents peuples, indépendamment les uns des autres.

V.

Cherchons des termes de comparaison plus étroits dans l'étude des métaux, à laquelle est consacré le Chapitre LIX de cette Encyclopédie. On y traite de l'or, de l'argent, du cuivre, du plomb, de l'étain, du fer, du zinc, et de leurs dérivés. On remarquera tout d'abord ici le nombre de ces métaux s'élevant à sept, mais ce chiffre n'est pas souligné; le *Pen ts'ao hang* nous parlant seulement de cinq métaux, sans doute parce qu'il réunit l'étain et le zinc au plomb. Ces métaux étaient réputés correspondre aux cinq planètes. Le nombre sacré sept, d'ailleurs, ne figure dans le Lapidaire chinois que dans la désignation des sept joyaux de Bouddha, d'origine exotique. Observons encore que l'étain était au temps de Pline regardé comme une variété du plomb, le plomb blanc. Quant au zinc, c'est un métal moderne; car sa fabrication ne semble guère remonter au delà du XV^e^ ou XVI^e^ siècle de notre ère. Il est désigné dans le Lapidaire chinois comme un second plomb, évidemment à cause de ses propriétés physiques, peut-être aussi parce que le métal chinois identifié depuis avec notre zinc était en réalité un mélange de zinc et de plomb. Le mercure, qui figure en Occident au nombre des métaux alchimiques et astrologiques, n'est pas compris dans la liste des métaux proprement dits du Lapidaire chinois, bien qu'il soit décrit dans le cours de l'Ouvrage. On comprend ainsi comment le nombre de cinq représente celui des métaux chinois.

C'est dans les articles relatifs aux métaux que se trouve la trace la plus nette des emprunts faits aux idées et aux théories de l'Occident, probablement par l'intermédiaire des Arabes, au moyen âge, entre le VIII^e^ et le XIV^e^ siècle de notre ère. Ces articles sont construits d'après un même plan, facile à définir, et qu'il est utile de faire ressortir d'abord, quoiqu'il n'ait pas été suivi dans chaque cas particulier avec une entière rigueur.

L'auteur donne d'abord le nom du métal en chinois, en japonais et en sanscrit. Puis il en expose les propriétés, telles que stabilité, malléabilité, fusibilité, couleur du métal et de ses vapeurs, principalement pendant la nuit. On parle ensuite des signes de sa présence dans les montagnes, et spécialement de certaines plantes qui le caractériseraient. Vient alors l'indication des variétés de minerai du métal, celle des gisements, des procédés d'extraction et de fabrication, des alliages et teintures superficielles ou profondes (argent doré, argent noir, cuivre rouge, jaune, vert, blanc). A l'occasion du cuivre, il y a tout un Chapitre intéressant, relatif à l'histoire des monnaies en Chine et au Japon. L'auteur décrit longuement les usages et surtout les propriétés médicales du métal, à la façon de Dioscoride et d'Ibn Beithar. Il parle des substances qui l'altèrent et le rendent impur.

Un paragraphe spécial est consacré aux diverses variétés ou espèces de chaque métal, d'après leur origine. Suit l'indication des contrefaçons et des procédés propres à en reconnaître la pureté, tels que la pierre de touche. Un autre paragraphe présente l'historique du métal; un autre, des mines en exploitation. Puis on traite des feuilles du métal (or, argent, cuivre, étain) et de leurs usages, de sa poudre, de son emploi dans l'écriture (encre d'or, d'argent, d'étain, etc.).

Les dérivés métalliques font l'objet de paragraphes spéciaux, consacrés au vert-de-gris, à la céruse, au minium, à la litharge, etc.

On retrouve dans ces paragraphes une multitude de connaissances pratiques, semblables à celles de l'Europe.

La similitude de ces industries et notions pratiques avec celles de l'Occident n'a rien de surprenant, en raison, d'une part, des résultats empiriques semblables acquis par l'usage, et, d'autre part, des contacts réitérés survenus entre la Chine et l'Occident, dans le cours des siècles et depuis les temps mal connus des Babyloniens et des Assyriens, — dont feu Terrien de la Couperie a tenté de démontrer l'influence sur la civilisation chinoise; — jusqu'à ceux des Parthes et des Persans qui leur ont succédé; des moines syriens et nestoriens, à partir du v^e^ siècle de notre ère; des Arabes et musulmans, depuis le VII^e^ siècle; des aventuriers vénitiens et autres, au XIII^e^ et au XIV^e^ siècle, et surtout depuis le XVI^e^ siècle, début des expéditions des Portugais, Hollandais, Français, Anglais, etc. On arrive ainsi à l'époque si récente de la rédaction de l'Encyclopédie actuelle.

Les pratiques industrielles se sont répandues dans le monde, de tout temps, avec plus de promptitude qu'on ne le suppose d'ordinaire, en raison de l'existence des corporations et confréries professionnelles, et cela dès les périodes préhistoriques. C'est ce que montre notamment l'histoire de l'industrie du bronze.

Je relèverai seulement la préparation du zinc, qui, d'après cette Encyclopédie, se serait faite en Chine dans des creusets et par fusion; résultat qui n'a jamais pu être réalisé en Europe, où l'on est obligé d'extraire ce métal par distillation. D'après la lecture des textes chinois, il me semble plus probable que le métal obtenu par ce procédé n'est pas le zinc véritable, mais un alliage avec le plomb, ou quelque autre, de l'ordre du laiton, que l'on obtient en effet par la fusion d'un minerai de zinc associé à un minerai de cuivre.

VI.

Un paragraphe fort important au point de vue des relations qui existent entre les théories occidentales et les théories chinoises, est destiné à expliquer la formation des métaux au sein de la terre. C'est là surtout que l'on peut

retrouver des indications précieuses, au point de vue des origines de la science chinoise; car le reste est présenté suivant des méthodes d'exposition communes aux Ouvrages anciens de l'Occident et de l'Orient, sans que l'on puisse en tirer de conclusions bien certaines.

Le plomb, est-il dit dans ces textes, est l'aïeul des cinq métaux. En effet le tsé hoang (jaune femelle), germe de l'or, renferme des éléments plombifères. Le plomb est le principe du métal blanc ou argent, car dans les mines d'argent il y a du plomb. Le plomb est également l'aïeul du métal bleuâtre, l'étain.

Cette théorie, d'après laquelle le plomb serait le générateur des métaux, existait en Égypte (1), où elle a précédé celle du mercure des philosophes. Nous la retrouvons ici en Chine; elle n'a pu provenir que de quelque emprunt antérieur au moyen âge : peut-être babylonien, conformément aux idées de certains orientalistes.

Ailleurs le mercure est nommé l'âme des métaux. On retire, dit l'auteur, des minéraux, des animaux, des végétaux, par exemple du pourpier, des feuilles de nénuphar, du pin et de sa résine, etc. un argent fluide, qui n'est pas le mercure vulgaire, mais la semence de l'argent, et qui sert à la transmutation des métaux. C'est là la pure doctrine des alchimistes, et plus particulièrement celle des adeptes du moyen âge. Le *Livre des soixante-dix,* attribué à Geber, et dont nous possédons une traduction latine (2), s'étend longuement sur le mercure végétal; de même l'Alchimie d'Avicenne (3). Ce mercure a été confondu également chez les Chinois, comme chez les Occidentaux, avec une tradition plus ancienne, celle de la liqueur d'immortalité ou élixir de longue vie, qui remonte aux anciens Égyptiens : j'en reparlerai tout à l'heure.

Soit en particulier la génération de l'or. L'or, est-il dit dans le *Lapidaire chinois,* peut être tiré du mercure, du jaune mâle (réalgar), du jaune femelle (orpiment), du soufre, de l'étain blanc, du plomb noir, du vert de pierre (minerai de cuivre), du cristal, etc. — Mais l'auteur ajoute que ces variétés d'or sont des contrefaçons et renferment un principe vénéneux. De tels procédés sont conformes à la tradition alchimique. La coïncidence du nom du jaune mâle avec le nom grec de l'arsenic (sulfuré), ἀρσένικον, mérite une attention spéciale; d'autant plus qu'il est question ailleurs du mâle rouge, c'est-à-dire du réalgar. La coloration en jaune doré du cuivre et de l'argent par l'arsenic sulfuré est déjà signalée dans le Pseudo-Démocrite.

Voici des textes plus précis :

Il est dit dans l'ouvrage *Sin chou* de Ho-hiang que le cuivre, l'argent et l'or ont une origine commune.

---

(1) *Collection des Alchimistes grecs,* trad., p. 167. — *Origines de l'Alchimie,* p. 229.
(2) *La Chimie au moyen âge,* t. I, *Transmission de la Science antique,* p. 331.
(3) *Loc. cit.,* p. 299.

Les vapeurs du *yang* rouge (réalgar), en se concentrant, donnent naissance à des filaments, qui, après deux cents ans, se transforment en pierre; au milieu de cette pierre se forme le cuivre.

On retrouve ici les exhalaisons d'Aristote.
Et ailleurs :

Il y en a qui disent que le *tan cha,* par l'absorption des vapeurs du *yang* vert (orpiment?) donne naissance à un minéral, le *Kong che,* lequel, au bout de deux cents ans, devient du cinabre natif. Dès lors la femme est enceinte. Au bout de deux cents ans, ce cinabre se transforme en plomb; ce plomb au bout de deux cents ans se transforme en argent et ensuite, au bout de deux cents ans, après avoir subi l'action du *k'i* ou *ta ho* (la Grande Unité), devient de l'or.

Le commentateur japonais ajoute que c'est là une opinion erronée.
Dans un autre passage, il est dit :

Le plomb, l'étain et l'argent ont des sympathies. L'étain se forme par les vapeurs du grand principe femelle. Au bout de deux cents ans il devient *p'i* (arsenic); lequel, au bout de deux cents ans, commence à se transformer en étain. Pendant deux cents ans, soustrait à toute autre action, s'il rencontre les vapeurs du principe *t'ai yang,* il devient argent. — Le cuivre, comme plusieurs autres matières métalliques, est imparfait : s'il demeure plus longtemps dans la mine, il peut par le moyen de la cuisson et des vapeurs de la Grande Unité devenir plus parfait.

La Grande Unité répond aussi au grec ἓν το πᾶν.
Dans un autre article :

La pierre *lou che,* en cent cinquante ans, se transforme en aimant; en deux cents ans, elle devient du fer. Deux cents ans encore : si ce fer ne passe pas par la fonte, il devient du cuivre, qui se change à son tour en argent. Cet argent devient ensuite de l'or. Le fer, l'or, l'argent ont donc une origine commune.

Toute cette théorie est purement alchimique. J'ajouterai qu'elle a sa date en Occident : c'est celle où les idées d'Aristote sur les exhalaisons sèche et humide ont été appliquées par les Arabes à l'explication de la création des métaux et ont donné naissance à cette prétendue suite du 4ᵉ Livre des *Météorologiques,* écrite par Avicenne, ou par quelqu'un de ses disciples (¹). D'après cette doctrine arabe, datant du XIIᵉ siècle, et reproduite par Vincent de Beauvais et par l'auteur du *De perfecto magisterio* (²) :

L'or est produit dans le sein de la terre avec le concours d'une forte chaleur solaire, par

(¹) *Transmission de la Science antique,* p. 285.
(²) *Loc cit.,* p. 277.

un mercure brillant, uni à un soufre rouge et clair, et cuit pendant cent ans et davantage. — Le mercure blanc, fixé par la vertu d'un soufre blanc, non combustible, engendre dans les mines une matière que la fusion change en argent.

De même, les autres métaux :

L'étain est engendré par un mercure clair et un soufre blanc et clair, cuit pendant peu de temps sous la terre. Si la cuisson est très prolongée, il devient argent, etc.

La parenté de ces idées arabes avec les idées chinoises est évidente, quoique la rédaction ait subi quelques variantes, en passant d'une région à l'autre. Elle ne saurait, je crois, s'expliquer par l'évolution naturelle de certaines idées, communes à l'esprit humain, comme on est autorisé à l'admettre dans d'autres ordres de connaissances.

Or la théorie arabe n'a certainement pas été empruntée à la Chine, et elle découle des idées antérieures des alchimistes gréco-égyptiens (1), jointes aux opinions philosophiques de Platon et d'Aristote. Dès lors la théorie chinoise doit être regardée comme un emprunt fait à la science occidentale. J'essaierai tout à l'heure d'en préciser les intermédiaires; mais il semble utile de chercher encore d'autres renseignements du même ordre dans le Lapidaire chinois.

VII.

Le Chapitre LX est consacré aux pierres précieuses. Il débute par le *yu* ou jade, produit essentiellement chinois, dont le nom est appliqué à toute pierre brillante et opalescente; puis viennent le corail rouge, le cristal de roche (*po li*) et le cristal artificiel, le verre, le talc, l'améthyste, confondue avec la fluorine violette, etc. Plusieurs représentent des variétés d'un même minéral, tel que le cristal de roche. D'autres noms s'appliquent à des substances diverses, réunies sous un même nom. Bref, il règne une grande confusion dans ces désignations, confusion qui doit exister d'ailleurs pour les Chinois eux-mêmes.

VIII.

Dans le Chapitre LXI, l'auteur traite de pierres divers minéraux et produits artificiels. Il débute par le *chen cha,* mot dont le sens est aussi vague que celui du μίλτος, minium ou cinabre des anciens; car il désigne à la fois le sulfure de

(1) *Loc. cit.*, p. 276.

mercure (notre cinabre), le minium, le peroxyde de fer hydraté et divers sulfures et oxydes métalliques rouges.

Après cet article vient celui du mercure, qui renferme des particularités remarquables. A côté de faits précis et réels, on y rencontre un prétendu procédé pour extraire le mercure du pourpier. Mais le passage le plus intéressant est relatif au mercure du pays de Fou-lin (Syrie), contenu dans une mer souterraine. Il est attiré par les plaques d'or, qui recouvrent des cavaliers apostés, se précipite sur leurs traces et finit par tomber dans des puits creusés à cet effet et où on le récolte. Cette légende ressemble étrangement, comme le fait observer M. de Mély, à celle d'un chapitre de Zosime, que nous possédons seulement à l'état de traduction syriaque, et d'après laquelle il existe en Occident une source d'étain liquide. On l'attire à l'aide d'une jeune fille nue, qui prend la fuite, tandis que des hommes apostés frappent avec des haches l'étain et le coupent en lingots (1). « C'est pourquoi, ajoute Zosime, ils appellent eau de fleuve le mercure tiré de l'étain, parce qu'il court comme l'eau qui se jette dans les lacs. » Il est difficile de ne pas admettre une origine commune à ces deux récits : le nom même de la Syrie nous reporte à la traduction syriaque de Zosime, qui aurait pu être transmise par les nestoriens.

Le calomel, diverses variétés de cinabre et de vermillon, le réalgar et l'orpiment (arsenics mâle et femelle), le gypse, le spath calcaire, la stéatite, le lignite (*pou hei mou*), le bois silicifié, l'argile, la plombagine (*hei che tche*), la calamine, les stalactites, le pétrole, la houille, la chaux, la pierre d'aimant, l'hématite, l'aétite, l'azurite, la malachite, le vitriol bleu; puis de nouveau le sulfure d'arsenic et l'acide arsénieux plus ou moins pur, le mica à paillettes dorées et argentées, le micaschiste, la dolomie, la pierre à aiguiser, le sable, divers fossiles (hirondelle de pierre, crabe de pierre), la pyrite globuleuse, le sulfate de soude ou natron, le salpêtre, le sel ammoniac, le borax, le soufre natif, l'alun (ou vitriol), la couperose verte, le sulfate de fer oxydé, etc. sont successivement décrits. L'auteur s'attache surtout aux propriétés médicales, réelles ou prétendues, de ces diverses matières. Mais il expose aussi des détails de toute nature, les uns réels et industriels, historiques, géographiques, d'autres mythiques et chimériques.

IX.

Cet exposé porte la trace d'une multitude d'emprunts faits aux industries occidentales et à différentes époques. Il est difficile de les préciser, en l'absence de textes plus anciens et des Ouvrages mêmes des auteurs originaux,

(1) *La Chimie au moyen âge*, t. II : *Alchimie syriaque*, p. 244.

dont nous ne possédons point les écrits, à supposer qu'ils existent encore. Les indices certains ou probables de filiation des emprunts doivent être cherchés dans un autre ordre de faits, tels que la similitude des noms des produits, et celle des théories, mythes et légendes.

Par exemple, le nom chinois de la litharge est persan, dans sa forme même, sauf les altérations phonétiques, dues à l'absence de la lettre *r*; le nom japonais du zinc est *totan*, dérivé de *tutie*, etc. Mais ces exemples sont rares. Les théories chinoises sur la génération des métaux ont été comparées plus haut aux théories des alchimistes occidentaux et arabes, dont elles dérivent évidemment. Quant aux légendes et mythes, j'ai déjà cité celle de la chasse au mercure. En voici quelques autres :

> Au promontoire de Tchang-Hai, l'eau est profonde; il y a beaucoup de pierres d'aimant. Les grands navires qui passent dans ces parages, s'ils sont garnis de feuilles de fer, ne peuvent aller plus loin.

C'est là une légende arabe bien connue, qui est rapportée entre autres à Sindbad le Marin et que les Arabes eux-mêmes ont empruntée au Pseudo-Callisthène.

Ailleurs, la pierre d'aimant est dite « vivante », en raison de son action sur la limaille de fer, opinion qui se retrouve chez les Grecs (1). Mais elle n'implique pas nécessairement un emprunt, car elle repose sur une association d'idées qui a pu se présenter d'elle-même à l'esprit des observateurs.

De même le fait que la pierre *pets'ing* (variété de malachite) et la pierre *tan fan* (vitriol bleu) changent le fer en cuivre : opinion également répandue chez les alchimistes occidentaux (2) et qui reposait sur des observations réelles, mais mal comprises. L'influence préservatrice contre les poisons, attribuée au diamant et à certaines pierres précieuses, est aussi une opinion commune aux Chinois et aux Occidentaux; mais elle a pu naître d'elle-même, par un rapprochement imaginaire, né de l'inaltérabilité de ces pierres.

La pierre de tonnerre, en forme de hache, représentait en Chine, comme en Occident, les haches préhistoriques de l'âge de pierre : elle avait toutes sortes de propriétés magiques. Cette notion commune, pour un objet aussi spécial, indique évidemment un emprunt, fait de part ou d'autre. M. de Mély rapporte à cet égard toutes sortes de rapprochements. De même l'aétite, pierre à noyau mobile (3), réputée douée de propriétés médicales; la galactite, qui donne du lait aux nourrices et fortifie les arbres à fruits. De même les pierres à empreintes (fossiles, pétrifications et dendrites) ont été chez tous les peuples l'objet d'ima-

(1) *Introduction à la Chimie des anciens*, p. 252.
(2) *Introduction à la Chimie des anciens*, p. 252.
(3) *Loc. cit.*, p. 234.

ginations singulières; de même les pierres qui sont prétendues engendrer de petites pierres semblables; de même encore les pierres lumineuses par reflet ou phosphorescence (escarboucle, phengite de Pline, pierre solaire), citées en Chine comme à Rome. L'urine d'enfant est un ingrédient courant des alchimistes grecs, signalé aussi dans Pline : on le retrouve à plusieurs reprises dans le Lapidaire chinois.

Les rapprochements suivants sont plus nets. Le corail était désigné en Chine comme étant la perle de la planète Jupiter; or il figure également en Occident comme consacré à cette planète. Le nom de la pierre *ts'e* correspond, en Chine, à l'ἄδαμας, et présente le même sens complexe de minéral noir qui accompagne l'or, de diamant et d'émeril. Le talc est désigné par les Chinois sous les noms de « mère ou salive des nuages », et aussi comme produit par les vapeurs de l'étoile polaire, de même qu'il constituait l'écume lunaire des Grecs (ἀφροσέληνος).

Il y a là la marque évidente d'emprunts faits à un fonds plus ancien. Mais les idées, les superstitions et les préjugés relatifs aux pierres remontent dans l'humanité à des époques que nous ne saurions préciser. Les Grecs les ont empruntés à l'Orient, spécialement à Babylone, et il est possible que les Chinois les aient tirés, par voie directe ou indirecte, de ce même fonds commun : la certitude ou, pour mieux dire, la probabilité des filiations est moindre ici que pour les théories arabes relatives à la génération des métaux.

Je vais présenter maintenant quelques indications relatives à la date de diverses inventions, telle qu'elle est signalée dans les Chroniques chinoises, et je parlerai de l'alchimie chinoise en particulier.

Voici, en effet, d'après les auteurs les plus autorisés, les dates de certaines inventions chinoises :

La porcelaine a été découverte au IIe siècle avant notre ère, sous la dynastie des Han (1); la poterie, bien entendu, était connue en Chine, comme dans les autres régions de la terre, de temps immémorial. La boussole et l'imprimerie sont également plus anciennes en Chine qu'en Syrie et en Occident : en effet la boussole est traditionnelle, et l'emploi des planches stéréotypées en bois remonte au VIe, ou tout au moins au IXe siècle de notre ère; celui des types mobiles au XIe.

Par contre, le verre a été apporté par des étrangers de l'Ouest, vers le temps de Wou-ti, entre 422 et 451 de notre ère. On remarquera cette importation tardive d'une matière connue en Occident bien des siècles auparavant. L'encre et le papier dateraient de 220 avant J.-C. Le laiton, ou métal de Tang, serait venu de Perse, au VIIIe siècle de notre ère. L'astronomie scientifique a été introduite ou réformée, en 721, par un bouddhiste venu de l'Inde, qui puisa sa

(1) STAN. JULIEN, *Histoire de la porcelaine chinoise*, 1856, p. XX.

méthode dans les écrits des Arabes, disciples eux-mêmes des Grecs. L'eau-de-vie serait signalée (sauf erreur d'interprétation) dans les livres de médecine vers le XI^e^ siècle, c'est-à-dire au temps où elle a été inventée en Occident; mais la fabrication de l'eau-de-vie de grains est indiquée seulement à la fin du XIII^e^ siècle. De même l'emploi de la poudre de guerre et de l'artillerie, d'après les recherches auxquelles je me suis livré, aurait été introduit en Chine par des ingénieurs venus d'Occident, à la suite des Mongols. Les Chinois en ignoraient l'emploi. Lors des sièges de leurs grandes cités par les Mongols, au XIII^e^ siècle, les appareils dont il est question dans les histoires étaient en réalité des mangonneaux et des machines à lancer des pierres, semblables à celles des Occidentaux, seuls capables alors d'en enseigner la construction à ces conquérants non civilisés.

La date de la plupart de ces découvertes, bien plus récentes en Chine qu'en Occident, montre qu'un grand nombre des inventions attribuées aux premiers ont été en réalité empruntées aux seconds. Si les Chinois ont pu être conduits par un empirisme prolongé à faire certaines inventions, il paraît bien que celles qui exigent une théorie proprement dite ont été empruntées à l'Occident, en Chimie aussi bien qu'en Astronomie et dans les Arts mécaniques. Mais, pour éclaircir tout à fait la question, il faudrait connaître les textes mêmes des auteurs originaux que les encyclopédies chinoises ont abrégés, et, dans les cas où ils sont prétendus anciens, les connaître garantis ou expurgés de toute interpolation, naïve ou intentionnelle.

J'en viens à l'alchimie.

En tous pays, les origines de l'alchimie sont obscures, entourées de récits mythiques, antidatés et falsifiés. C'est par excellence le domaine des faussaires de tout ordre.

Les sectateurs de Tao-tse, qui vécut au VI^e^ siècle avant notre ère, ont été, particulièrement au moyen âge, les promoteurs de l'alchimie. Leurs livres ont été brûlés à plusieurs reprises et jusqu'au XV^e^ siècle de notre ère, précisément comme les livres magiques en Occident. Ils attribuent à Thsin-chi Hoang-ti, le destructeur des livres, la recherche du breuvage d'immortalité. Un empereur de la dynastie des Han, au II^e^ siècle avant notre ère, aurait écrit un livre sur le breuvage d'immortalité, préparé soi-disant au moyen d'un cinabre, dérivé du mercure. D'après un autre texte, que m'a communiqué feu d'Hervey de Saint-Denis, « le premier qui purifia le *tan* (ou poudre de projection pour la transmutation) fut un nommé Ko-hong, au temps de la dynastie des Ou », c'est-à-dire au III^e^ siècle de notre ère. Cette date serait à peu près celle de Zosime et des alchimistes gréco-égyptiens. Mais l'authenticité en semble fort douteuse; car l'époque florissante de l'alchimie en Chine semble être plutôt le IX^e^ siècle, comme je vais le dire. Il est possible d'ailleurs, comme il est arrivé en Égypte, que l'on ait identifié à un certain moment une vieille tradition, celle du breu-

vage d'immortalité ou élixir de longue vie, avec les pratiques des transmutateurs. Les alchimistes ont toujours eu une tendance à se couvrir de vieilles autorités.

En fait, les alchimistes ne commencent guère à jouer un rôle important dans l'histoire des Chinois qu'à l'époque où ceux-ci entrent en contact réitéré avec l'empire arabe, c'est-à-dire vers le VIII^e siècle. Tout au plus peut-on relever la pénétration en Chine des Syriens nestoriens, attestée par la célèbre inscription de Si-gan-fou, au milieu du VII^e siècle; mais il n'y est pas question de science.

Les historiens chinois rapportent qu'une série d'empereurs de la dynastie des Thang, au IX^e siècle, seraient morts empoisonnés, après avoir pris du breuvage d'immortalité, lequel avait pour base des composés mercuriels. Tels l'empereur Hien-Tsong, en 811; son successeur Mou-Tsong, en 824; Ou-Tsong, en 846; Siouan-Tsong, en 860. Sous l'empereur Hoeï-Tsong (1116), de la dynastie des Soung, les Tao-tse acquirent une telle importance que leur doctrine fut enseignée officiellement et leurs livres déclarés canoniques. Deux siècles et demi plus tard, les Tao-tse envoyèrent l'un des leurs présenter à l'empereur Houng-Wou, fondateur de la dynastie des Ming (1368-1398), la recette du breuvage d'immortalité :

> Le livre et le secret, demanda l'empereur, peuvent-ils servir à tout le monde? Ou bien l'empereur seul peut-il en profiter? — C'est uniquement pour Votre Majesté; le commun des hommes n'a pas droit à un si grand avantage. — Je ne veux me procurer de bonheur que celui que je puis partager avec mon peuple. Remportez votre livre et occupez-vous à quelque chose de plus utile. Le vrai secret de l'immortalité est de pratiquer la vertu, de faire du bien aux hommes et de remplir tous ses devoirs.

Ce genre de remontrances n'a jamais découragé les inventeurs, ni les sectaires. Tout aussi inutile fut l'incendie des livres des Tao-tse par le successeur des Ming, Tching-Tsou (1403-1424); il n'empêcha pas un de ses successeurs, Hiao-Tsoung (1488-1505), de chercher à fabriquer la pierre philosophale et le breuvage d'immortalité. Chi-Tsoung, le second successeur de ce dernier, après quarante-quatre ans de règne, ayant pris le breuvage d'immortalité de la main de quelques bonzes, en mourut à son tour, en 1566.

On voit par ces détails quelle importance l'alchimie avait prise à la cour des empereurs chinois, importance bien plus grande et plus prolongée que celle qu'elle a jamais pu avoir en Occident. Cela tient à la lutte des sectes, lutte engagée entre les diverses religions : bouddhistes (sectateurs de Fo), philosophes de la nature (sectateurs de Tao-tse) et lettrés traditionnels (sectateurs de Confucius); ils se disputaient la faveur des empereurs et par là même l'autorité. Mais ce n'est pas ici le lieu de rapporter les péripéties de cette lutte. Il suffira de rappeler que la première période d'importance des doctrines alchimistes dans les États chinois est contemporaine de l'époque où les rapports se

multiplièrent entre les khalifes arabes et les empereurs chinois. Cette indication est conforme d'ailleurs à celle qui semble résulter des théories du Lapidaire chinois sur la génération des métaux.

VIII. — Les papyrus grecs du British Museum.

GREEK PAPYRI IN THE BRITISH MUSEUM, *Catalogue with Textes*, in-4°; *Fac-similes*, in-folio. Edited by F.-G. KENYON, 1893, p. XX-296. — **Remarques sur divers renseignements relatifs à l'histoire des Sciences contenus dans ces papyrus.**

On sait quelles ressources inattendues les papyrus ont fournies pour la connaissance de l'antiquité, ces documents étant plus anciens et plus voisins des sources que les manuscrits du moyen âge. La plupart de ces papyrus sont venus de l'Égypte, où le climat et les conditions d'inhumation des momies étaient spécialement favorables à la conservation de la matière même qui supporte l'écriture. Les papyrus grecs de cette origine, en particulier, se sont accumulés depuis le commencement du XIX^e^ siècle dans les musées et bibliothèques, et ils ont fait l'objet de nombreuses et importantes publications, à Paris, à Londres, à Dublin, à Leyde, à Vienne, à Berlin, etc., publications trop connues pour qu'il y ait lieu de les rappeler en détail. C'est un volume récemment édité au nom du British Museum qui fournit l'objet du présent article.

Personne n'ignore que l'on a déjà tiré de la collection des papyrus du British Museum un Ouvrage considérable d'Aristote sur la constitution d'Athènes, ainsi que les Mimes d'Hérodas, les discours d'Hypéride, des fragments de Démosthène, d'Isocrate, d'Épicure, d'Homère, un Traité médical, un Traité grammatical; Ouvrages et fragments qui ont fait l'objet de publications séparées: ce sont les documents les plus intéressants de la collection. Mais, dans cet ordre de choses, tout document est précieux et peut devenir l'origine de découvertes, ou tout au moins de rapprochements inattendus. Aussi M. Kenyon, assistant au département des manuscrits au British Museum, a-t-il cru nécessaire d'épuiser la matière en publiant les papyrus grecs qui restaient inédits. Sur 138 papyrus qui constituent la collection complète, la publication actuelle en comprend 49, dont plusieurs m'ont paru mériter quelque attention au point de vue de l'histoire des Sciences. Ce n'est pas, en effet, à titre d'helléniste, de philologue, ou de théologien, que j'aurais qualité pour entreprendre cet examen; mais c'est en raison de mes études spéciales dans les Sciences de la nature. Les recherches que j'ai faites, notamment sur la Chimie des Grecs et de leurs successeurs, les Syriens et les Arabes, m'ont conduit à certaines comparaisons.

Il s'agit à la fois de faits positifs, relatifs à la Chimie, et des idées qui rattachent ces faits aux Sciences chimériques d'autrefois, telles que la Magie et l'Astrologie. Quoique la moisson fournie par les nouveaux documents soit peu abondante, cependant elle n'est pas sans quelque intérêt; les moindres détails susceptibles de reconstituer l'ensemble des connaissances antiques devant être relevés pour l'histoire de l'esprit humain.

Nous écarterons tout d'abord les pièces relatives à ce fastidieux procès des jumelles du Sérapéum, bien connu des érudits : elles viennent s'ajouter à tant d'autres actes et pétitions semblables, dispersés dans les musées européens; mais elles ne nous apprennent guère autre chose, dans l'ordre qui me préoccupe ici, si ce n'est l'importance présentée en Égypte, vers l'an 160 avant J.-C., par l'exploitation des huiles de sésame et de ricin. Le testament d'Abraham, évêque d'Hermonthis, au VIII^e^ siècle de notre ère, testament trouvé dans les ruines du couvent dédié à Phébammon, dont il était le chef, est également étranger à mon sujet, ainsi que les divers comptes et documents fiscaux consignés dans ces papyrus. Il serait plus intéressant de commenter les comptes d'une exploitation rurale établie dans le nome d'Hermopolis, comptes écrits en 730 lignes (papyrus CXXXI), aux dixième et onzième années du règne de l'empereur Vespasien, 78-79 après J.-C. Ils existent au verso du papyrus sur lequel figure le texte de la célèbre Ἀθηναίων πολιτεία d'Aristote, et ils mériteraient une étude et un commentaire détaillés, qui fourniraient de précieuses notions sur l'état de l'agriculture égyptienne du temps de l'empire romain. Mais ce serait là une œuvre de longue haleine et qui ne pourrait guère être exécutée que comme chapitre spécial de l'histoire générale de l'agriculture en Égypte.

Un seul texte d'Alchimie pure existe dans le volume actuel. Il est consigné au papyrus CXXI, du III^e^ siècle de notre ère, colonne 5, l. 168 (p. 89), en tête d'une collection de recettes attribuées à Démocrite :

« Pour donner à des monnaies l'apparence de l'or, employez du soufre apyre, faites le mélange dans un bassin, puis nettoyez. »

C'est là un procédé de faux monnayeur; décrit très sommairement d'ailleurs, sans doute parce qu'il devait être complété par des préceptes manuels et pratiques. Il est analogue à des recettes diverses, destinées à atteindre le même but et rédigées depuis le temps des alchimistes grecs jusqu'au cours du moyen âge. C'est ainsi que, dans la Chrysopée du Pseudo-Démocrite (1), on lit les recettes 7 et 12, du même ordre que la précédente, mais plus déve-

(1) *Coll. des Alch. grecs*, traduction, p. 47, 49.

loppées; de même, les procédés de Marie (l'alchimiste) et du Pseudo-Moïse (1).

L'époque à laquelle ces artifices pour falsifier la monnaie étaient si répandus n'a rien de surprenant; car c'est précisément celle de la crise monétaire survenue dans l'empire romain pendant la seconde moitié du IIIe siècle de notre ère : crise qui amena les gouvernants d'alors à fabriquer de prétendues monnaies d'argent, ne renfermant plus que deux centièmes, et même un demi-centième de ce métal, ainsi qu'en témoignent les analyses des pièces conservées dans les musées. Il est tout naturel que des fraudeurs aient cherché également à simuler l'or et l'argent, soit par l'emploi de l'asem ou prétendu argent d'Égypte (2), soit par des alliages et teintures superficielles. La notion des métaux précieux purs tendait ainsi à disparaître de l'industrie, comme de la circulation monétaire.

En effet le problème qui consiste à donner au cuivre l'apparence de l'or est traité à bien des reprises, tant dans l'antiquité qu'au moyen âge, et il est résolu, je le répète, dans les papyrus et manuscrits par plusieurs procédés différents du précédent : tels qu'un simple enduit dans le papyrus de Leyde (3); une altération superficielle systématique; ou bien une véritable dorure extérieure, effectuée soit au moyen d'un amalgame, soit au moyen d'un alliage de plomb et d'or (4). Les anciens orfèvres connaissaient à cet égard toutes sortes d'artifices, qui leur permettaient de faire passer des bijoux de cuivre ou de laiton pour des objets d'or pur (5). Ainsi, dans mon Ouvrage sur la *Transmission de la science antique,* j'ai cité des textes latins, traduits de l'arabe, qui reproduisent des recettes d'origine grecque; on y lit des procédés analogues : par exemple, la teinture d'une monnaie ou d'un anneau (*nummus, denarium aut annulus,* p. 85) à l'aide d'un polysulfure alcalin; une formule qui donne au cuivre la couleur de l'or, d'après les *Compositiones* (*Transmission,* etc., p. 17), et dans le *Liber sacerdotum* un procédé pour colorer en or le plomb (*Transmission,* etc., p. 202, n° 85); des vernis couleur d'or (p. 205, n° 99; p. 214, n° 143); la dorure du laiton (p. 209, n° 110). Dans l'Alchimie d'Avicenne, il est aussi question de ce prétendu or obtenu par teinture, mais pour indiquer comment on décèle la fraude (*Transmission,* etc., p. 304). Il est frappant de rencontrer l'une de ces recettes dans les papyrus du British Museum, et plus

(1) *Coll. des Alch. grecs,* traduction, p. 180, 345.

(2) Le nom même de l'asem ne figure pas dans les papyrus actuels du British Museum; mais on le trouve, avec les recettes correspondantes, dans ceux de Leyde (*Introduction à la Chimie des anciens,* p. 62).

(3) *Introduction à la Chimie des anciens,* p. 35, n° 28. — *Alchimie syriaque,* p. 236, n°s 10 et 16; p. 237, n° 18; teinture en or de la monnaie par un élixir composé, p. 45; tous ces textes étant traduits du grec.

(4) *Coll. des Alch. grecs,* traduction, p. 320, n° 50, et p. 321, n° 51.

(5) *Introduction à la Chimie des anciens,* p. 37, n° 38.

encore de la trouver associée au nom de Démocrite, l'auteur prétendu de la Chrysopée alchimique.

Signalons dans ces papyrus l'indication des métaux réduits en feuilles, notamment celle des feuilles d'or, d'argent, d'étain (1), de plomb. A la vérité, il ne s'agit pas de leur fabrication, ou de leur emploi en orfèvrerie; mais on y inscrit des formules magiques : « Prends une feuille de papier consacré ou de plomb, et un anneau de fer; place l'anneau sur la feuille; trace avec un calame un trait en dehors de l'anneau et un trait en dedans; recouvre le pourtour de myrrhe », etc. Ailleurs, on écrit une formule avec un stylet de cuivre sur une feuille d'étain. Des vases et objets en plomb, cuivre, fer sont signalés, sans indication spéciale. Cependant on ne lit dans ces papyrus ni le nom de l'asem ou électrum, ni celui du mercure, corps qui jouent un si grand rôle dans le papyrus de Leyde et dans les alchimistes grecs, et qui étaient les principaux intermédiaires des prétendues transmutations.

Nous sommes réduits à chercher l'existence des connaissances chimiques dans quelques indications de noms de substances, telles que l'arsenic (sulfuré), employé dans une conjuration adressée à la terre, à l'air, à la mer et aux vents (p. 94, v. 320); l'antimoine (sulfuré) de Coptos, mis en œuvre pour oindre les yeux, dans une autre conjuration destinée à montrer à quelqu'un son double (p. 95, *voir* aussi p. 67); le cinabre, employé dans trois formules d'écriture magique (p. 91, 110, 118); le sel ammoniac (2), dans une potion (p. 90). Les vases d'émeraude et de callaïs (matière céramique de couleur verte; voir *Transmission de la science antique,* p. 367) sont désignés dans certains passages; il est aussi question d'une émeraude portant l'image gravée d'un scarabée, telle que certaines pierres antiques qui figurent dans nos musées.

La mention de la terre vierge (p. 77, v. 371) a quelque chose de plus mystérieux; mais elle n'en est que plus caractéristique, car elle peut être signalée dans les textes alchimiques depuis Olympiodore (*Coll. des Alch. grecs,* trad., p. 90, note 1; p. 95; p. 223) jusqu'au XVIII^e^ siècle.

Le kyphi, composition si importante en Égypte, figure aussi dans nos papyrus.

Les noms de substances végétales, telles que feuilles de laurier ou d'olivier, semences d'armoise, joubarbe (ἀείζωον), buglosse, myrrhe, cannelle, miel attique, aussi bien que les noms de nombreux animaux (3), le cynocéphale

(1) *Papyri græci,* etc., p. 103.

(2) C'est-à-dire un sel de soude; car on ne doit pas oublier que ce mot dans l'antiquité ne s'appliquait pas au sel ammoniac des modernes (*Introduction à la Chimie des anciens,* p. 45, n° 62).

(3) Celui du crocodile, par une exception singulière, ne se trouve pas dans ces papyrus, bien qu'il soit continuellement cité ailleurs et serve même de symbole à l'Égypte dans certaines médailles.

notamment, ne semblent à première vue avoir rien de caractéristique. Cependant il faut prendre garde au double sens que plusieurs de ces mots présentaient dans la nomenclature prophétique, signalée par Dioscoride et par le papyrus de Leyde (1), et dont on retrouve bien des traces chez les alchimistes grecs : or les noms des végétaux y symbolisent des minéraux et matières diverses (*voir* notamment dans Synesius). Les mots « herbes, plantes, fleurs » sont appliqués d'ailleurs par Dioscoride, par Pline, et jusque de notre temps, pour désigner des produits métalliques ou salins (2). Signalons notamment l'assimilation du mercure volatilisé à un laurier vierge, dans un prétendu oracle d'Apollon (*Coll. des Alch. grecs*, trad., p. 265), qu'il convient de rapprocher de l'expression αἰθάλη δάφνης « vapeur du laurier », synonyme de cinabre, dans les papyrus magiques de Wessely (3). De même, le sang de pigeon blanc et de corneille est désigné dans les papyrus du British Museum sous le nom de μίλτος, minium (p. 91, v. 222; *cf.* p. 118, v. 69). Dans une invocation magique (p. 105, v. 644), on lit ces mots adressés à un breuvage : « Sois du vin; non, ne sois pas du vin, mais la tête d'Athénè (*sic*)! Sois du vin; non, ne sois pas du vin, mais les entrailles d'Osiris, les entrailles d'Iao », etc. Cependant ce symbolisme répond plutôt à une prétendue transsubstantiation; ce qui touche, d'ailleurs, par un autre côté à la transmutation et aux formules que l'on récitait au moment de la réalisation de celle-ci. On peut y voir, soit la reproduction de vieilles formules du culte égyptien, soit une allusion gnostique aux rites chrétiens : les deux choses se confondaient peut-être dans l'esprit de l'écrivain.

Cherchons maintenant des rapprochements empruntés à un autre ordre d'idées. Je veux parler des recettes médicales, magiques et astrologiques, recettes connexes avec l'alchimie dans ces vieux textes, d'après une tradition qui s'est maintenue pendant tout le moyen âge.

Sans insister autrement sur les horoscopes (p. 126-139) et autres opérations astrologiques, ni sur la liste des différentes espèces de divinations qui se font lorsque la Lune se trouve dans chacun des signes du Zodiaque (p. 93), il suffira de dire que les charmes et incantations magiques forment une partie considérable de la publication actuelle. On y trouve des invocations où sont mélangées les divinités égyptiennes, grecques, hébraïques : Osiris, Hermès, Trismégiste, Isis, Horus, Sérapis, Jupiter, Mithra, Iao, Adonaï, etc. Ce sont des formules destinées à évoquer un esprit, qui apparaît sous la forme d'un enfant, ou d'une vieille femme, servante d'Apollonius de Tyane; à obtenir en rêve des informations surnaturelles; à faire apparaître l'auteur du charme à quelqu'un dans ses songes; ou à lui montrer à lui-même son double; à découvrir un voleur; à

(1) *Introduction à la Chimie des anciens*, p. 10-12.
(2) *Introduction à la Chimie des anciens*, p. 286.
(3) Wessely, *Neue griechische Zauberpapyri*, 1893, p. 11.

obtenir la victoire dans une course ou dans un combat, et même à être protégé contre les indiscrétions de ses propres amis. On y lit des procédés de divination par les songes, par les indications des lampes, ou par celles d'une coupe; des talismans contre les démons, les apparitions, les maladies et souffrances; des philtres d'amour ou d'amitié, etc. Bref on a affaire aux mêmes imaginations et chimères que dans les papyrus publiés par Parthey, Leemans, Wessely, et qui figurent également dans le manuscrit grec 2419 de la Bibliothèque nationale de Paris (1). On y rencontre les mêmes phrases et doctrines gnostiques que dans les papyrus similaires, ainsi que cette multitude de mots barbares, dérivés et forgés les uns au moyen des autres, et qui forment une sorte de langage bizarre et inintelligible, que l'on a cru pouvoir expliquer dans certains cas par le copte, par l'hébreu, et parfois même par le grec (2). Je ne saurais m'arrêter sur cet ordre de notions.

Au contraire, les personnages cités comme autorités, tels qu'Homère, Moïse, Orphée, Pythagore, Démocrite, donnent lieu à des rapprochements intéressants avec la littérature alchimique proprement dite.

Parlons d'abord d'Homère. Dans l'un des papyrus du British Museum, il existe un groupe de 216 lignes, désignées par des numéros d'ordre, distribuées par genres de 6 et qui renferment des passages tirés de l'*Iliade* et de l'*Odyssée :* c'est une *Homéromantie,* formant un tableau dans lequel on tirait au sort un passage servant à prévoir la destinée. Les *Sortes Homericæ, Sortes Virgilianæ* étaient fort usités vers la fin de l'empire romain, et plus tard les *Sortes* tirés de l'Écriture sainte.

L'imitation ou l'autorité d'Homère intervient également dans un développement de la prière de Chrysès à Apollon, présenté ailleurs (p. 81), avec un singulier mélange de mots gnostiques et magiques. Quelques-uns des vers de ce morceau existent aussi dans un papyrus magique, publié par Parthey à Berlin, lequel renferme une invocation à Apollon de Claros. Tout ceci rappelle la forme archéologique et homérique, revêtue par l'hellénisme aux IIIe et IVe siècles, au moment de sa lutte contre le christianisme.

Par là même s'établit un rapprochement intéressant avec un passage antagoniste de l'*Alchimie syriaque* (p. 216-217), passage traduit du grec, où la colère du fils de Pélée est prise dans un sens emblématique : Homère y est maudit comme l'initiateur du mal dans le monde et l'inspirateur des jugements iniques des tribunaux. Ces rapprochements concourent à nous montrer quel était l'état d'esprit des savants d'alors, tels que Jamblique, Porphyre, Zosime, et plus généralement les gens qui ont écrit les livres philosophiques, magiques et alchimiques dans l'Égypte alexandrine.

---

(1) *Introduction à la Chimie des anciens,* p. 205-207.

(2) Par exemple les mots : ἀδουλοδαμεία, δαρδανοποία, ἀδάμαντα, ἀδαμάντειρα, etc. (p. 106).

Le fabuleux Orphée y jouait un rôle important. A cet égard on doit signaler l'indication d'un dire orphique (p. 98, v. 451) dans nos papyrus. Il courait à cette époque dans le monde, en Égypte particulièrement, toutes sortes d'écrits, de dires, d'oracles attribués à Orphée. Nous en trouvons un exemple curieux dans la littérature alchimique sous le titre suivant : Oracle d'Orphée avec le commentaire d'Agathodémon (*Coll. des Alch. grecs*, trad., p. 257). Les oracles d'Apollon, cités à diverses reprises dans la collection alchimique, appartiennent à la même tradition. Ils y figurent à côté de l'énigme de la Sibylle, tiré des Livres sibyllins et qui a été interprété dans un sens alchimique. Il y avait là toute une littérature apocryphe, également représentée dans les papyrus de l'archiduc Rainer (1).

Le nom de Moïse se trouve déjà dans Pline (2) parmi les magiciens, sans doute d'après quelque écrit apocryphe judéo-alexandrin. On le lit dans le papyrus W de Leyde (3), qui lui attribue divers Ouvrages, et nous possédons une Chimie de Moïse dans la *Collection des Alchimistes grecs*. On rencontre également ce nom dans les papyrus du British Museum (p. 68 et 104) et même l'indication d'un Ouvrage intitulé « le Diadème », qui lui est assigné.

Pythagore n'y est cité qu'une seule fois (p. 109), avec Démocrite, à l'occasion d'une formule de songes. Mais Démocrite tient une place plus importante dans ce recueil. En effet, on rencontre (p. 89 et suivantes) toute une série de recettes, d'un caractère tout différent des autres, et qui sont magiques, culinaires, médicales, etc.; les unes positives, les autres puériles et imaginaires. Donnons-en quelque idée.

Ces recettes portent en tête ces mots : « Jeux de Démocrite » Δημοκρίτου παίγνια. J'ai reproduit plus haut la première, destinée à communiquer à la monnaie l'apparence de l'or. — Puis viennent les suivantes : « Pour rendre un œuf semblable à un fruit, fais-le bouillir, enduis-le de safran et délaye avec du vin. — Pour ne pas avoir soif en voyageant, avale un œuf délayé dans du vin. » Sur quoi l'éditeur anglais fait observer en note que M. Gladstone prend un œuf battu dans du vin lorsqu'il doit faire un long discours. — « Pour empêcher le cuisinier d'allumer le feu, place dans le foyer de la joubarbe. — Pour manger de l'ail, sans en exhaler l'odeur, fais cuire et mange des racines de buglosse. — Pour empêcher une vieille femme de trop parler ou de trop boire, etc. — Pour boire beaucoup sans s'enivrer, » etc. — Voici maintenant des sortilèges : « La vapeur de la tête de lièvre, dirigée sur l'image d'un combattant, détruit son courage. » — Contre la blessure du scorpion : « Sur un papier net, écris les caractères suivants (magiques) et attache le papier sur

(1) Wessely, *Neue Griechische Zauberpapyri*, 1893, p. 2.
(2) *H. N.*, XXX, 2.
(3) *Introd. à la Chimie des anciens*, p. 16.

la plaie. » De même pour la fluxion des yeux. D'autres mots combattent la migraine. — Talisman contre le frisson de la fièvre : « Écris sur un papier que tu attacheras sur toi les mots : Iao, Sabaoth, Adonaï », etc.

Ce genre de recettes est encore usité en Orient et même en Occident, où il porte le nom de *recettes de bonne femme*. Il rappelle les recettes similaires qui remplissent l'ouvrage de Marcellus Empiricus, et plus particulièrement les recettes attribuées à Démocrite dans Pline et dans les *Geoponica*. Le véritable Démocrite, l'ancien philosophe rationaliste, était devenu dans l'Égypte hellénisée un personnage mystique, moitié savant, moitié magicien et faiseur de tours; ce qui est aussi arrivé à Aristote au moyen âge. J'ai montré ailleurs (1) comment il a existé au commencement de l'ère chrétienne une école démocritaine, qui a écrit les ouvrages alchimiques attribués à cet auteur, et aussi les livres de recettes médicales et magiques, dont sont extraits les passages précédents. Les citations que je viens de faire établissent de nouvelles concordances à cet égard.

Le moment est venu de parler des signes et symboles inscrits dans nos papyrus et de les rapprocher des symboles alchimiques. En effet, les papyrus magiques, de même que les manuscrits alchimiques, renferment de nombreux signes et représentations figurées; usage qui paraît être une suite de la tradition des écritures hiéroglyphiques. Or, d'une part, les figures proprement dites existent dans ces papyrus, quoiqu'elles soient rares. Ce sont des dessins grossiers, représentant tantôt des objets divers, tels qu'une stèle d'Aphrodite, avec signes et lettres magiques (p. 91); tantôt des animaux; tantôt des hommes; ou des divinités destinées à jouer un rôle dans les incantations. Par exemple, à la fin du papyrus CXXII est dessiné un homme nu, couronné d'un diadème, et tenant à la main droite une épée dirigée vers sa tête et à la main gauche une baguette magique (2). Ces figures rappellent les descriptions symboliques de Zosime, où les métaux sont représentés par des hommes, ainsi que les figures plus parfaites et plus compliquées des manuscrits alchimiques du moyen âge (3).

Un dessin qui nous intéresse plus directement encore est celui du serpent Ouroboros, commun aux papyrus magiques et aux écrits alchimiques. On rencontre en effet ce dessin dans le papyrus CXXI (col. 17, p. 163). Il y renferme des signes symboliques particuliers. Il est formé de cercles concentriques, précisément comme la figure de la Chrysopée de Cléopâtre (*Introd. à la Chimie des anciens*, p. 132, d'après le manuscrit de Saint-Marc). Ces cercles sont

(1) *Origines de l'Alchimie*, p. 145.

(2) Comparer la figure de divinité féminine d'un papyrus de Leyde, t. II, p. 37, ainsi que la figure qui se trouve à la fin de la *Mappæ clavicula*.

(3) *Introd. à la Chimie des anciens*, p. 127

même au nombre de trois, comme dans la figure du ms. 2327 de Paris (même Ouvrage, p. 159); mais les signes intérieurs sont différents. En outre, le serpent du dernier manuscrit a quatre petits pieds, lesquels n'existent ni dans la Chrysopée de Cléopâtre, ni dans le papyrus du British Museum.

Les formules magiques elles-mêmes, avec leurs signes spéciaux, ne faisaient pas défaut dans les plus anciens écrits alchimiques, ainsi qu'en témoignent un texte de la *Mappæ clavicula* (1) et surtout un texte de Zosime qui va être cité. Mais elles ont été effacées par les copistes chrétiens du moyen âge (2), de telle sorte qu'il ne subsiste plus que ce dernier texte. Telle est la formule du Scorpion (ou de l'Écrevisse), relative à la transmutation, inscrite à la fin des Mémoires de Zosime. Je l'ai reproduite dans mon *Introduction à la Chimie des anciens*, p. 152, ainsi que deux lignes des mots magiques qui étaient sans doute récités pendant l'opération; mots barbares dont aucun ne se retrouve dans nos papyrus.

Les signes qui accompagnent les opérations magiques méritent quelque attention. Plusieurs sont les mêmes que dans les papyrus de Berlin, publiés par Parthey, et dans les papyrus de Leyde. Un seul signe est commun aux papyrus et à la formule alchimique de l'Écrevisse, c'est une sorte d'epsilon, traduit dans cette dernière par le mot ἐμέριτος. On ne saurait guère douter que tous ces signes ne fussent susceptibles d'être traduits par des mots déterminés, à la façon des hiéroglyphes; c'est, en effet, ce que prouve la traduction de la formule de l'Écrevisse, inscrite sur la première feuille du manuscrit de Saint-Marc par une main plus moderne. Mais ce genre de traduction manque pour les formules magiques des papyrus, faute de nous avoir été transmis par la tradition. On ne saurait recourir à cet égard aux alphabets cryptographiques, tels que ceux du manuscrit de Saint-Marc (3), ou du ms. 2419 de Paris, ou bien de la collection d'alphabets d'Ahmed ben Abubekr ben Wahshih, publiée par Hammer en 1806.

En effet, aucun de ces alphabets ne fournit l'interprétation ni des signes magiques ni des signes alchimiques. Je ne sais si l'on obtiendrait de meilleurs résultats à l'aide de l'écriture démotique; mais les renseignements qui m'ont été fournis à cet égard donnent peu d'espérances.

Essayons cependant de poursuivre ces comparaisons entre les signes magiques et les signes alchimiques.

On peut noter d'abord les figures du Soleil (un cône tangent intérieurement à une sphère) et de la Lune (un croissant). Ce sont là des signes astronomiques

---

(1) *Transmission de la Science antique*, p. 55; voir aussi *Introd. à la Chimie des anciens*, p. 21.

(2) *Origines de l'Alchimie*, p. 16.

(3) *Introd.*, etc., p. 157.

bien connus que les alchimistes ont appliqués à l'or et à l'argent. J'ai signalé dans le papyrus de Leyde le plus ancien exemple connu de cette dernière attribution (1); mais elle ne se retrouve pas dans les papyrus du British Museum. On peut toutefois en rapprocher l'expression : λεπίδα ἡλιακήν « paillette d'or », citée par Wessely (2).

On aperçoit fréquemment dans ces formules magiques une étoile à huit rayons, terminés par de petites boules; c'était, paraît-il, l'un des symboles du Soleil chez les Assyriens. Il existe en plus d'un endroit des papyrus du British Museum, notamment dans une liste des signes du Zodiaque, vis-à-vis du nom du Capricorne : ce qui paraît indiquer que le charme correspondant devait être mis en action à cette époque, conformément aux idées astrologiques. Cette étoile existe également dans la Chrysopée de Cléopâtre (3). On pourrait être tenté d'en rapprocher l'étoile à huit branches (sans boules terminales) qui représente l'alun; mais le mot στυπτηρία ne figure pas dans les papyrus de Londres.

Vis-à-vis du nom d'un autre signe du Zodiaque, la Vierge (p. 116), se trouvent un Z, traversé horizontalement par une flèche, et un second signe similaire; lesquels sont ceux de la planète Jupiter et aussi, chez les alchimistes, le signe du métal *electrum*, ayant passé plus tard au métal étain (4). De même le signe de Mars en Astronomie, celui du fer en Alchimie, et aussi un signe qui semble celui d'Hermès (planète Mercure). Tous ces signes sont communs à l'Astronomie et à l'Alchimie; mais dans le papyrus de Londres ils sont purement astronomiques, ou, si l'on aime mieux, astrologiques. Deux traits verticaux parallèles, terminés par de petites boules (p. 190, 196), figurent dans ce papyrus; ils représentent les nuits en Alchimie (5). Une flèche à traits latéraux multiples (p. 110) est semblable au signe de l'orcanette; mais le sens en est différent. Cette différence existe sans doute aussi pour une croix de Saint-André, dont les branches sont réunies de part et d'autre par deux traits verticaux (p. 111, v. 860): en Alchimie elle signifie la pyrite (6); mais le sens n'est certainement pas le même dans le papyrus.

On voit par là que les mêmes signes pouvaient être employés avec une signification différente par les magiciens et par les alchimistes du IIIe siècle de notre ère; il en était, d'ailleurs, de même des noms symboliques de la nomenclature prophétique (7). Les seuls rapprochements tout à fait positifs sont ceux que

(1) *Introd. à la Chimie des anciens*, p. 47, notes 1, 2.
(2) *Neue griechische Zauberpapyri*, 1893, p. 11.
(3) *Origines de l'Alchimie*, planche I. — *Introd. à la Chimie des anciens*, p. 312.
(4) *Introd.*, etc., p. 82, 84.
(5) *Ibid.*, p. 108.
(6) *Ibid.*, p. 120, l. 21.
(7) *Ibid.*, etc., p. 11.

l'on trouve dans certaines abréviations, telles que celles des mots commençant par un χ et un ρ, ou bien le double carré qui signifie ὀνόματα. Signalons spécialement le signe de la myrrhe (ζμύρνα), un Z traversé par un ρ vertical, commun aux papyrus de Londres et aux alchimistes.

Ces détails confirment la similitude, sinon des signes, au moins des usages symboliques, chez les magiciens et chez les alchimistes appartenant à des écoles et à des traditions parallèles ou identiques, telles que l'école démocritaine. Ils apportent dès lors une lumière nouvelle à l'histoire des Sciences et à la liaison intime qui existait autrefois entre les doctrines occultes de la Magie et de l'Astrologie, et les connaissances positives de l'Astronomie et de la Chimie.

IX. — Les médecins égyptiens.

PAPYROS EBERS, *das hermetische Buch über die Arzeneimittel der alter Ægypter, in hieratischer Schrift;* herausgegeben, mit *Inhaltsangabe und Einleitung versehen,* von GEORG EBERS; mit *hieroglyphischlateinischem Glossar,* von LUDWIG STERN; 2 vol., f°. Engelmann; Leipzig, 1875. — Même Ouvrage, traduction (en allemand) par Dr Med. H. JOACHIM; Reimer, Berlin, 1890. — Lüring, Commentaire médical, Strasbourg, 1888, etc.

Il existe dans les bibliothèques d'Europe un certain nombre de papyrus qui nous font connaître les pratiques et les idées médicales des anciens Égyptiens. Ces textes sont conservés dans les collections de Paris, de Londres, de Leyde, de Turin, de Berlin, de Leipzig, de Boulaq, etc., et ils ont été l'objet de nombreuses publications.

Plusieurs sont fort anciens, car ils remontent aux XIVe et XVIe siècles avant notre ère : ils se rattachent d'ailleurs, par une tradition ininterrompue, aux écrits gréco-égyptiens du temps des Ptolémée et de l'Égypte romaine, ainsi qu'aux écrits coptes et arabes. Quelques-uns de ces derniers sont encore aujourd'hui entre les mains des médecins orientaux, faisant en quelque sorte concurrence aux découvertes et doctrines modernes. L'Orient n'a rien oublié de ses anciennes connaissances et de ses anciens préjugés, qui n'ont pas encore disparu devant les lumières définitives de la science européenne.

Les médecins égyptiens étaient célèbres dans le vieil Orient, antérieurement à la diffusion de la science hellénique : ils sont déjà cités dans l'*Odyssée;* Hérodote en parle. Ils jouaient un rôle important dans leur propre pays. Pour accroître le respect dont ils étaient entourés, on faisait remonter leur tradition aux origines mêmes de la civilisation égyptienne. Le fils de Ménès, Athothis, second roi d'Égypte d'après la liste de Manethon, aurait été médecin, et on lui attribuait certains écrits d'anatomie et de médecine. Tosorthros,

deuxième monarque de la troisième dynastie, en aurait également composé, et l'on en mettait aussi quelques-uns sous le nom de Chéops. Ces attributions d'Ouvrages plus modernes aux souverains et personnages antiques sont perpétuelles en Orient. Parmi les livres alchimiques (1), nous en possédons deux qui portent le nom de Chéops (Sophé); d'autres sont mis sous les noms d'Isis, d'Hermès et d'Agathodémon. On augmentait encore l'autorité de ces Ouvrages pseudépigraphes, en racontant les circonstances romanesques de leur prétendue découverte. Ainsi, le papyrus Ebers renferme un écrit (f. CIII) soi-disant trouvé dans un temple, aux pieds de la statue d'Anubis, dans la ville de Letopolis, au temps du roi Usaphaïs (cinquième roi de la première dynastie); un papyrus de Berlin en parle également. Un autre écrit médical fut découvert miraculeusement, tout le pays étant plongé dans l'obscurité, et la lumière de la lune donnant sur le manuscrit, dans le sanctuaire du temple de la déesse Tebmut; on le plaça dans le trésor du roi Chéops. Ces récits mythiques rappellent la découverte d'un écrit de Démocrite l'alchimiste au sein d'une colonne, et divers contes analogues du moyen âge.

Les papyrus médicaux de l'Égypte, aussi bien que les Traités du moyen âge, renferment à la fois des remèdes traditionnels, fondés sur un certain empirisme qui n'est pas toujours méprisable, des recettes mystiques, appuyées sur les analogies les plus bizarres, et des pratiques magiques, remontant à la plus haute antiquité.

Il est cependant tout un ordre de doctrines, ou de pseudo-doctrines, dont on ne trouve pas trace dans le papyrus Ebers et qui paraissent s'être développées aux époques postérieures. Je veux parler des considérations astrologiques, fondées sur des combinaisons purement numériques, à l'aide desquelles les *iatromathematici* prétendaient prévoir le cours et le résultat des maladies (2). Ces nouvelles doctrines ont laissé leurs traces dans les écrits grecs. La sphère de Démocrite, inscrite dans le papyrus V de Leyde, en est l'expression; de même l'instrument d'Hermès Trismégite, dans le manuscrit 2327 de Paris; les deux tableaux de Petosiris, dans le manuscrit 2419; un Traité attribué à Hermès, dans les *Physici et medici græci minores* d'Ideler. Mais ce sont là des écrits de l'époque gréco-romaine, qui semblent dériver d'une tradition chaldéenne plutôt qu'égyptienne, et dont on n'a pas rencontré les congénères, jusqu'à ce jour du moins, dans les vieux papyrus purement égyptiens.

En résumé l'examen de ces derniers papyrus offre un double intérêt pour l'histoire du développement des connaissances réelles de l'esprit humain et pour celle de ses illusions et de ses erreurs, qui ne doivent pas être non plus passées

(1) *Collection des Alchimistes grecs*, trad., p. 205 et 206. — *Origines de l'Alchimie*, p. 58.

(2) *Introd. à la Chimie des anciens*, p. 86. J'y ai donné les photogravures de deux tableaux de Petosiris.

sous silence, car elles ont fait partie à une certaine époque du domaine commun de l'humanité. Si on les ignore, on ne saurait arriver à une intelligence complète des idées et des mobiles qui ont dirigé les hommes d'autrefois.

Ce serait donc un objet digne d'intérêt que l'étude intégrale de ces antiques écrits médicaux, examinés d'une manière approfondie et comparés avec les œuvres qui leur ont succédé pendant plus de trois mille ans. Mais cette étude complète dépasserait fort les limites du présent article; elle exigerait d'ailleurs des connaissances philologiques qui me sont étrangères. Je crois cependant utile d'y apporter mon contingent, en fournissant quelques indications, propres à attirer l'attention des esprits curieux; et surtout quelques rapprochements, tirés des études spéciales que j'ai faites sur la chimie et sur la minéralogie des anciens, sujets étroitement liés avec la matière médicale.

Je me propose de parler surtout d'un papyrus rapporté par M. Ebers, après son séjour dans la haute Égypte pendant l'hiver 1872-1873, papyrus acheté par lui à un habitant de Louqsor, et qui se trouve maintenant dans la bibliothèque de l'Université de Leipzig. L'antiquité et la conservation remarquable de l'Ouvrage, la richesse du contenu, la beauté de l'écriture en font un monument exceptionnel.

Il a été reproduit en fac-similé et publié aux frais du gouvernement saxon en 1875; plusieurs savants l'ont commenté, à divers points de vue. Le manuscrit se compose de 108 feuilles, chacune de 20 à 22 lignes. Au revers de la première existe un calendrier, qui a servi à déterminer l'époque de la composition (c'est-à-dire celle de la copie actuelle) du manuscrit : d'après Ebers, il daterait environ des années 1553 à 1550 avant Jésus-Christ.

Ebers a été plus loin; dans son enthousiasme, il regarde ce manuscrit comme le livre même désigné par Clément d'Alexandrie sous le titre Περὶ φαρμάκων (sur les remèdes).

On connaît le passage célèbre dans lequel Clément décrit la procession solennelle où l'on portait en cérémonie les 42 livres hermétiques : 36 sur la philosophie, 6 sur la médecine. D'après lui, les titres de ces derniers étaient les suivants :

Περὶ τῆς τοῦ σώματος κατασκευῆς (sur la structure du corps : anatomie);
Περὶ νόσων (sur les maladies : pathologie);
Περὶ ὀργάνων (sur les instruments? chirurgie);
Περὶ φαρμάκων (sur les remèdes : matière médicale);
Περὶ ὀφθαλμῶν (sur les maladies des yeux);
Περὶ τῶν γυναικείων [νόσων] (sur les maladies des femmes).

L'identification d'Ebers est contestable, car le papyrus ne répond avec précision à aucune des six catégories précédentes. Cet écrit, en réalité, ne traite pas seulement des médicaments; il traite aussi des maladies des organes intérieurs,

de celles des yeux, de celles des femmes, et de la structure du corps humain : c'est une sorte de compendium médical. Il est probable d'ailleurs que les Traités dont parle Clément d'Alexandrie renfermaient des parties similaires ou identiques; car il existe de semblables rapprochements et même identité entre certaines parties du papyrus Ebers, celles d'un papyrus de Berlin et celles de quelques autres.

Les questions de ce genre sont difficiles à éclaircir et même à poser, quand il s'agit de compositions techniques sans nom d'auteur et spécialement de celles de la vieille Égypte. Ces compositions, en effet, n'étaient pas l'objet d'une élaboration individuelle et méthodique, telle que celle des Ouvrages grecs, par exemple, ou des Ouvrages modernes, et il y aurait quelque illusion à discuter ici s'il s'agit d'une production originale et personnelle. En effet, dès l'antiquité, les auteurs déclaraient que les anciens Égyptiens n'attribuaient pas aux écrits scientifiques un caractère personnel; tous étaient mis sous le nom d'Hermès (Toth), auquel on rapportait ainsi collectivement les œuvres des prêtres et des savants de différentes époques. Le nombre de ces œuvres mêmes était exprimé par des chiffres mythiques, tels que le nombre 36500.

L'examen intrinsèque du papyrus Ebers établit ce fait sans réplique. En effet, l'hiérogrammate a réuni à la suite et sans ordre un grand nombre de petits Traités, dont certains sont assurément beaucoup plus anciens que la date même de la copie. Ils sont rédigés chacun dans un style propre et avec une méthode différente; le copiste a même eu soin de signaler son intervention personnelle par quelques mots caractéristiques, tels que ceux-ci : « trouvé détruit », relatifs à un certain passage. De même on lit ailleurs, à la suite de trois recettes distinctes (f. 40), les mots « bon » et plus loin (f. 41) « bon à préparer », ajoutés en marge par quelque praticien, propriétaire ou usufruitier du manuscrit.

Ebers distingue lui-même 39 sections ou opuscules, ajoutés bout à bout. Je vais en signaler quelques-uns, en insistant sur les caractères différents du style et de la composition de certains d'entre eux.

L'Ouvrage a un en-tête commun : « Ici commence le livre de la préparation des médicaments pour toutes les parties du corps de l'homme ». L'énumération suit : « Je viens d'Héliopolis, ... je viens de Saïs sous la protection des Dieux », phrase consacrée, qui rappelle celle par laquelle débute la Chrysopée du pseudo-Démocrite (1). « Voici le Livre qui parle de toutes les maladies »; puis on lit des invocations aux Dieux : « O Isis, grande magicienne.... O Ra! O Osiris! protégez-moi... contre les œuvres mauvaises de Typhon, contre les fièvres démoniaques et mortelles. »

(1) *Collect. des anc. Alch. grecs,* trad., p. 45, au bas.

En buvant les remèdes ou en les fabriquant, on devait répéter des invocations à Horus, à Set et autres divinités; une grande force est attribuée aux formules magiques. Nous nous trouvons ainsi dès le début en présence de cette forme demi-réelle et demi-mystérieuse, qui caractérise toutes les sciences d'alors, aussi bien la Médecine que la Chimie, et même tous les arts pratiques. La formule destinée à appeler les Dieux à son secours et à forcer leur intervention reparaît sans cesse dans les écrits égyptiens. Cependant elle n'est indiquée que dans quelques rares passages de notre papyrus, dont la forme est essentiellement scientifique. En effet, à la suite de l'introduction que je viens de résumer, se trouvent un grand nombre de formules positives, sans commentaires, mais avec dosages précis des médicaments. On y voit figurer le lait, la bière, le miel, la gomme, les figues, les sebestes, fruits analogues à ceux du jujubier, toutes sortes de produits végétaux, et quelques produits minéraux, sur lesquels je reviendrai tout à l'heure.

A un certain moment, vers la feuille 36, la rédaction change de caractère; elle prend la forme de recettes, accompagnées, celles-ci, des explications relatives à la nature des maladies.

A la feuille 46, nouveau Traité, où l'auteur met ses recettes sous un patronage divin : « Ici commencent les moyens que le dieu Ra a employés pour lui-même; — moyen que le dieu Su (dieu de l'air) a employé pour lui-même; — moyen que la déesse Tefnut (déesse du précipité humide) a employé pour le dieu Ra »; puis viennent le dieu Seb (dieu de la terre), la déesse Nut (déesse du ciel); — enfin le « sixième moyen employé par la déesse Isis contre les maux de tête du dieu Ra ».

L'assimilation des maladies du patient avec celles du dieu Horus, ou du dieu Osiris, se retrouve, conformément aux vieilles idées égyptiennes, dans les formules que l'on récitait au moment où l'on faisait les mélanges de miel, de vert-de-gris, etc., destinés à guérir le patient.

Un peu plus loin, il s'agit de recettes trouvées dans le vieux livre « de la Lumière ». Les recettes prennent en même temps un caractère bizarre et chimérique, qu'elles n'avaient pas jusque-là : tête d'écrevisse, crâne de silure chauffé dans l'huile, pour guérir la migraine; et, plus loin, dent de porc moulue, excrément d'antilope, crotte de crocodile, cervelle humaine, sang de lézard, sang de chauve-souris, etc., utérus de chatte, etc., collyre de scarabée, cervelle de tortue. Nous voyons ici l'origine de ces formules singulières, signalées déjà depuis longtemps dans Pline, dans Dioscoride, puis dans les *Geoponica*, dans Marcellus Empiricus, et qui ont eu cours pendant tout le moyen âge. Il n'y a guère plus d'un siècle qu'elles ont disparu des pharmacopées européennes et elles sont encore usitées en Orient.

En même temps qu'on les applique, on récite des formules magiques : « J'ai fait ce remède et je l'ai mis à cette place : le crocodile est devenu faible et sans

force. » Ailleurs la maladie que l'on veut conjurer est assimilée à celle des yeux d'Horus et d'Osiris dans la conjuration.

On peut se demander si ces nomenclatures, où figurent tant de produits singuliers, n'avaient pas dès lors un sens symbolique, comme la nomenclature prophétique consignée dans un papyrus de Leyde (1), citée si souvent par Dioscoride (2) et qui se retrouve chez les alchimistes grecs, ainsi que pendant tout le moyen âge (3). Quelque vraisemblable que soit un semblable symbolisme, je n'en ai rencontré pourtant aucune preuve positive dans le papyrus Ebers.

Plusieurs des Traités qui figurent dans ce papyrus se rapportent à des objets spéciaux et bien déterminés, tels que les maladies des yeux, si fréquentes en Égypte. On y cite entre autres une recette attribuée non à un dieu, mais à un sémite de Byblos, seul personnage privé qui soit indiqué.

Puis viennent des formules relatives aux cheveux : pour les faire pousser, pour les conserver, pour teindre les cheveux gris, entre autres une formule de la dame Sès, mère du roi Têta; des remèdes contre les brûlures, avec invocation à Horus; des médicaments pour les dents, pour le nez, pour l'oreille, pour le sein, avec la conjuration employée par Isis pour elle-même. Toute une série de remèdes sont appliqués aux maladies des femmes.

Un autre groupe contient des recettes domestiques pour chasser la vermine de la maison (on mouille la place avec de l'eau de natron); pour empêcher les guêpes et les araignées de piquer; pour éloigner les souris des vêtements (on emploie la graisse de chat); pour empêcher les larcins des éperviers, formule magique, etc.

Vient alors un nouvel Ouvrage d'un caractère tout différent : « Ici commence le Livre secret du médecin; il comprend la connaissance du cœur et de ce qui le concerne; il décrit les vaisseaux de tout le corps. Son contenu intéresse tout médecin, tout prêtre, tout magicien, alors que l'opérateur étend les doigts sur la tête et sur son contenu, sur les mains, sur la région du cœur, sur les deux bras, sur les jambes; surtout lorsqu'il tâte le cœur, lorsqu'il applique ses remèdes sur tous les membres. C'est pourquoi on appelle cet Ouvrage le centre des vaisseaux de tous les membres. » Livre bizarre, qui se distingue des précédents par sa composition systématique. C'est une anatomie décrivant les vaisseaux (ou ce qu'elle désigne comme prétendus tels) des différentes parties du corps : deux, quatre ou six vaisseaux, par exemple, pour les narines, pour les yeux, pour les oreilles, pour la tête, pour le foie, etc. Quatre vaisseaux le plus souvent sont affectés à chaque partie. Puis vient une sorte de théorie pathologique.

---

(1) *Introd. à la Chimie des anciens*, p. 10.
(2) *Ibid.*, p. 11.
(3) *Alchimie d'Avicenne, dans la Chimie au moyen âge*, t. I, p. 303.

Le Livre d'Usaphaïs, dont il a été question plus haut, se présente après et reproduit une théorie des vaisseaux et des maladies, accompagnée cette fois de l'indication des remèdes.

On lit à la suite un petit Traité des tumeurs, avec l'énoncé des remèdes et surtout des formules magiques appropriées.

Telle est la composition générale du papyrus Ebers. Il y aurait quelque intérêt à identifier d'une façon précise les maladies et les substances qui y sont mentionnées : les savants que j'ai cités au début ont consacré beaucoup de temps et de peine à ce travail; mais il offre des difficultés très grandes et parfois insolubles. En effet, la traduction des mots techniques est incertaine, tant qu'ils ne peuvent être rapprochés clairement des mots correspondants dans des textes parallèles des médecins grecs et arabes.

Cette correspondance apparaît souvent avec clarté pour les maladies qui affectent des organes apparents, tels que les yeux, le nez, les membres, la peau, etc.; ou bien qui se traduisent par des signes extérieurs, comme la dysenterie, la rétention et l'incontinence d'urine, diverses éruptions, les fractures des os, des membres, la migraine, certaines affections des femmes; ou bien encore la présence des vers intestinaux, dont les Égyptiens distinguaient plusieurs espèces (ankylostome duodénal, *tænia mediocanellata,* ascaride lombricoïde, d'après le Dr Joachim).

Mais les affections des organes internes sont désignées d'une façon plus obscure et plus confuse, en raison de l'imperfection des connaissances anatomiques et physiologiques d'alors. Le même mot égyptien désignerait, d'après les traducteurs, le cœur, l'estomac et la région avoisinante, qui comprend aussi les poumons; les maladies de ces différents organes sont exprimées par des noms analogues ou identiques. Sur ces divers points règne un grand vague, qui existait d'ailleurs évidemment dans l'esprit même des médecins égyptiens.

La matière médicale donne lieu à des remarques analogues. En effet, les remèdes qui la constituaient sont composés avec des substances animales, végétales ou minérales, qu'il est parfois malaisé d'identifier.

A la vérité, les animaux dont ces substances étaient extraites sont bien connus; tels sont : la vache et le bœuf, l'âne, le chien, le hérisson, la souris, le cerf, la gazelle, le porc, la chèvre, le bélier, l'hippopotame, parmi les mammifères. Le cheval, circonstance remarquable, n'y figure pas : il est d'importation relativement récente en Égypte. Cependant il était déjà connu du temps des Ramsès. Parmi les oiseaux, sont cités le vautour et le pigeon; parmi les reptiles, le crocodile, le serpent, la tortue, le lézard; on y signale diverses espèces de poissons, mal identifiés; enfin la guêpe et le scarabée parmi les insectes.

On utilisait dans cette antique pharmacopée toutes les parties des animaux : la tête, l'oreille, les yeux, le foie, la cervelle, les dents, les cornes, les ongles,

la peau, les poils, les testicules ou la vulve de l'âne, de la vache, du chien, par exemple; ainsi que leur sang, leur graisse, leur lait, leur bile, leurs excréments; de même encore le sang, l'œuf, la plume du vautour, l'arête du poisson, le crâne du silure, l'écaille de la tortue. La cervelle et l'excrément de l'homme figurent même dans quelques recettes.

On peut prévoir quel rôle jouait l'imagination et les analogies qu'elle crée dans cette matière médicale. Par exemple, pour combattre l'amblyopie, on écrasait deux yeux de porc, et, dans le liquide qui en sortait, on délayait un collyre, du minium, du miel, etc.; le tout était placé dans l'oreille du patient. Ailleurs, les piquants du hérisson figurent dans une formule contre l'alopécie; tout ceci à côté de compositions tout à fait rationnelles, telles que celles où l'oxyde de plomb (minium) et les sels de cuivre (vert-de-gris) sont employés contre les affections oculaires.

Quoi qu'il en soit, le miel constituait pour les médicaments de toute nature un excipient très général, à peu près comme le sirop de sucre aujourd'hui.

Les plantes et produits botaniques sont essentiels dans cette thérapeutique, comme on devait s'y attendre. Les végétaux de l'Égypte sont nombreux, en effet, et plusieurs possèdent une grande activité; mais la difficulté du problème consiste, comme plus haut, dans l'identification des noms égyptiens avec ceux de nos plantes modernes. On connaît à cet égard les recherches développées et capitales de M. Loret. Une inscription du tombeau du scribe Anna, près d'Abd-el-Qouarnah, relate déjà seize espèces d'arbres. Les listes et descriptions de Dioscoride et celles des auteurs arabes permettent de traduire un assez grand nombre de noms égyptiens, avec une probabilité d'autant plus grande que la végétation spontanée n'a guère changé en Égypte depuis les temps anciens.

L'huile, le vin, la bière, le vinaigre, la gomme jouent un grand rôle dans la composition des remèdes et des boissons médicamenteuses : la bière, en particulier, figure comme amère ou sucrée; on emploie sa levure et sa mousse. Les figues, les sebestes, les dattes sont fort usitées, ces dernières pour leur suc, leur vin, la farine et la pâte des fruits secs, les noyaux eux-mêmes. De même, l'acanthus fournissait ses fruits, sa résine, sa pâte, ses épines, ses fibres et ses rameaux. La myrrhe, le mastic, diverses résines, l'opium étaient employés. L'absinthe, l'aloès, le cumin, le coriandre, l'anis, le fenouil, le safran sont nommés, ainsi que le sycomore, le cyperus, le lotus, le lin, les baies de genièvre, la jusquiame et la mandragore. On voit qu'il y avait dans la matière médicale des Égyptiens des substances fort actives.

L'une des compositions végétales les plus intéressantes est le kyphi, ou parfum sacré. Il est prescrit dans le papyrus Ebers pour parfumer l'habitation ou les vêtements; la composition indiquée comprend la myrrhe, les baies de genièvre, l'encens, le cyperus, le bois d'aloès, le calamus d'Asie, le mastic, le

styrax, etc., dix substances en tout. C'est le même nombre que dans la formule de Dioscoride (1), qui se rapproche beaucoup de celle du papyrus. L'écrit intitulé *Isis et Osiris*, attribué à Plutarque, signale seize substances dans le kyphi (2). Chez d'autres auteurs, on admet vingt-huit et jusqu'à trente composants; c'était une sorte de thériaque. On sait qu'il existe des textes relatifs au kyphi dans les temples d'Edfou et de Philæ.

J'arrive aux matières minérales signalées dans le papyrus Ebers. Le nombre n'en est pas très considérable, et l'identification laisse parfois à désirer. Commençons par les métaux.

Cinq substances sont accompagnées, dans la traduction, du suffixe *métal :*

Abennau-métal, sans explication.

Anχ-métal; précédé du mot *granite*, sans autre commentaire.

Netr-tit-métal, traduit d'après Brugsch par *excrément divin :* ce qui jette peu de lumière sur le sens véritable.

Hunnut-métal, traduit par *soufre en poudre*, avec un point de doute.

Asemu-métal, regardé comme identique avec l'asem égyptien, que le traducteur interprète à tort par *æs cyprium*. L'asem, en effet, a été assimilé avec raison par Lepsius à l'électrum, alliage d'or et d'argent.

En réalité le mot *asem* désignait des alliages divers destinés à remplacer l'or et surtout l'argent; c'est l'origine des travaux alchimiques. J'en ai fait, d'après le papyrus gréco-égyptien de Leyde, une étude approfondie (3), à laquelle je prends la liberté de renvoyer le lecteur.

Parmi nos métaux usuels, on n'en voit figurer que deux, trois au plus, désignés par leur nom dans le papyrus Ebers, savoir : le cuivre, employé à l'état de limaille dans des emplâtres, et le plomb, en fragments, associé aux excréments de chien et de chat, pour le même usage. La scorie du cuivre est aussi mentionnée. Le fer serait, d'après le traducteur, désigné par le mot *art pet*, qu'il interprète par *cœlo factum ferrum* (fer météorique?). Dans un autre passage, il s'agirait du fer (provenant) d'Apollinopolis Parva.

Ni l'or, ni l'argent, ni l'étain ne sont mentionnés; ce qui est singulier, pour les deux premiers métaux surtout; car le dernier était probablement regardé à cette époque comme une variété de plomb, ainsi qu'on le constate pendant toute l'antiquité (4). *A fortiori* ne voit-on pas ici le nom du mercure, qui ne paraît pas dans l'histoire avant la guerre du Péloponèse (5).

Venons aux minéraux proprement dits; ils sont peu nombreux. Encore plu-

(1) *Matière médicale*, Liv. I, Chap. XXIV.
(2) *Voir* les articles de M. Loret, *Journal asiatique*, juillet et août 1889.
(3) *Introd. à la Chimie des anciens*, p. 62.
(4) *Introd. à la Chimie des anciens*, p. 250. — *Voir* aussi *Origines de l'Alchimie*, p. 230.
(5) *Introd. à la Chimie des anciens*, p. 84.

sieurs des identifications du Dr Joachim laissent-elles à désirer. Par exemple, il signale le vitriol de plomb, substance inconnue des anciens, et qu'il assimile au *sory*. Cette dernière assimilation est probablement exacte; mais le sory de Dioscoride, de Pline et de Galien est un sel basique de fer (1). La *grüne Bleierde* du Dr Joachim est également une erreur de traduction, les minerais ordinaires de plomb n'étant pas verts. Si le mot *vert* est dans le texte égyptien, cette expression doit se traduire par *chalcite*, minerai de cuivre, ou toute autre analogue, telle que la chrysocolle, si usitée chez les alchimistes. Le vert-de-gris ou vert de cuivre figure assez souvent, notamment dans les compositions destinées aux maladies des yeux; les sels de cuivre sont encore usités aujourd'hui pour la même application.

Le mot égyptien traduit ici par « minium » offre probablement le sens multiple du μίλτος grec, qui comprenait, à côté de l'oxyde de plomb, les oxydes de fer et le cinabre (2). Peut-être signifiait-il également la litharge, plus facile à obtenir que le minium; mais aucun détail du texte du papyrus ne permet de préciser.

Le mot traduit par « lapis-lazuli » doit signifier en réalité une matière colorante bleue à base de cuivre, c'est-à-dire le *chesbet* des Égyptiens (3).

La pierre d'aimant est probablement la substance désignée par le traducteur sous le nom de « schwarzer Messerstein »; ce sens s'accorde avec tous les passages où ce mot figure.

Le *stibium* serait, comme on sait, le sulfure d'antimoine, s'il n'y a point d'erreur dans la traduction.

Quant à l'*alabaster*, ce mot devrait désigner, non l'albâtre, mais un oxyde d'antimoine (*Introduction à la Chimie des anciens*, p. 238), d'après les textes grecs et latins. Le rôle de cette substance en thérapeutique s'expliquerait d'ailleurs mieux de cette manière.

L'arsenic (sulfuré) n'apparaît pas dans ces préparations, à moins qu'il ne soit représenté par un mot mal traduit; ou bien encore par le mot « crocus », safran, qui le désigne si souvent chez les alchimistes. La connaissance de certains minerais arsenicaux existait d'ailleurs dès cette époque reculée en Égypte; car j'ai trouvé des doses notables d'arsenic dans plusieurs échantillons de cuivre qui m'ont été remis par M. de Morgan.

Le mot traduit par « galmei » répond probablement aux cadmies, oxydes sublimés ou entraînés dans la préparation du cuivre et du plomb (4).

J'arrive à d'autres minerais. La pierre de Memphis est une sorte d'asphalte,

---

(1) *Ibid.*, p. 14, note 5. — *Voir* aussi *Galeni opera*, édition Kühn, 1826, t. XII, p. 226 et 239.

(2) *Introduction à la Chimie des anciens*, etc., p. 261.

(3) *Origines de l'Alchimie*, p. 218.

(4) *Introduction à la Chimie des anciens*, p. 239.

relatée dans Dioscoride (*Mat. méd.*, Liv. V, Chap. CLVII), et elle doit être rapprochée de l'huile de terre, ou pétrole, citée, à ce qu'il paraît, dans le papyrus. On y trouve aussi le nom du sel marin, celui du natron (¹), si commun chez les alchimistes grecs et dans Pline, et même le nom du natron rouge (ou jaune), qui s'y rencontre aussi, mais dont le sens véritable est incertain.

Telles sont les substances minérales signalées dans le papyrus Ebers : elles sont peu nombreuses, par rapport aux médicaments tirés des végétaux et des animaux; la médecine chimique, mise en si grand honneur par Paracelse, ne jouait chez les Égyptiens qu'un rôle très restreint. Les actions mêmes exercées par ces nombreux médicaments devaient être pour la plupart incertaines ou imaginaires. Nulle science appliquée peut-être n'est plus complexe que la médecine et elle a besoin de s'appuyer sur un ensemble immense de connaissances positives, qui faisaient défaut dans la haute antiquité, et dont le perfectionnement se poursuit avec une lenteur extrême pendant le cours des siècles.

X. — Sur les voyages attribués à Galien et à Zosime dans l'Archipel et en Asie, et sur la matière médicale dans l'antiquité.

Parmi les Traités d'alchimie syriaque contenus dans un manuscrit de l'Université de Cambridge et que j'ai publiés avec la collaboration de M. Rubens Duval, on trouve (p. 297 de la traduction, feuille 120 v° du manuscrit. Mm. 6.29) un Ouvrage consacré à la matière médicale tirée des minéraux, lequel débute par ces mots : « Commencement du livre IX de Zosime le philosophe, sur les changements de la terre et de sa poussière, et sur les pierres et drogues tirées de la terre. » Cet Ouvrage, qui occupe dix feuillets du manuscrit, se termine par les mots : « Fin du livre de Zosime, le philosophe, adressé à Théosébie, la prêtresse. » L'en-tête et la finale ne permettent guère de douter qu'il n'ait été compris dans la collection des œuvres de Zosime et composé, ou plutôt compilé, par ce savant. Le texte syriaque est d'ailleurs, de même que tous ceux que nous avons publiés, traduit du grec : la science syriaque, dans cet ordre comme dans tous les autres, a consisté principalement en traductions.

Or ce Traité soulève des problèmes intéressants, relativement aux connaissances des anciens en matière médicale, aux voyages qu'ils accomplissaient pour s'en approvisionner et aux procédés suivis dans la composition de leurs médicaments. En effet, il renferme des articles similaires de ceux de Dioscoride, et quelques-uns traduits du Traité attribué à Galien sous ce titre : Περὶ

(¹) Carbonate de soude ou sulfate de soude.

τῆς τῶν ἁπλῶν φαρμάκων κράσεως καὶ δυνάμεως « Sur le mélange et la puissance des médicaments simples ».

Zosime a dû copier Galien, l'un et l'autre ayant reproduit par places des auteurs plus anciens, Dioscoride notamment. Ces textes sont dignes d'intérêt, à la fois parce qu'ils nous apprennent sur les mines et procédés minéralogiques des anciens, sur les voyages que faisaient alors les médecins pour s'approvisionner de drogues authentiques, et en particulier sur ceux qui y sont attribués à Galien, et qui figurent dans ses biographies; voyages que le texte syriaque rapporterait à Zosime, s'il fallait le prendre au pied de la lettre et le regarder comme absolument original. Mais nous avons affaire à un compilateur, qui a reproduit sans aucun changement une œuvre plus ancienne : cette pratique n'est pas rare dans l'antiquité, ainsi que chez les compilateurs orientaux et occidentaux du moyen âge; elle a donné lieu à bien des méprises.

Exposons les faits, c'est-à-dire le plan du Traité de Zosime, avant d'aller plus loin.

C'est une compilation un peu incohérente, comme tout ce que nous a laissé cet auteur, et formée de quatre morceaux ou chapitres dissemblables.

Un premier chapitre renferme les noms de diverses drogues, rangés par ordre alphabétique depuis ἅλς (sel) jusqu'à ψιμύθιον (céruse) et ὀποπάναξ, qui devrait être écrit par un ὠ pour se conformer à l'ordre des lettres. Toutes ces drogues sont d'origine minérale, à l'exception de deux d'origine végétale (rhubarbe et opoponax), intercalées là on ne sait pourquoi. Elles sont décrites dans Dioscoride, suivant un ordre différent, et dans l'ouvrage de Galien, à peu près dans le même ordre et avec des détails sur les mines de Chypre, qui fournissent la cadmie et le misy, détails reproduits par Zosime; je reviendrai tout à l'heure sur ce dernier rapprochement.

Un second chapitre est intitulé : « Explication des terres de toute espèce par Zosime, le philosophe » : terre de Lemnos, terre de Samos, terre Selinusienne, terres de Chio, de Cimole, d'Érétrie, d'Arménies, terre *empelitis, pignitis,* etc. C'est la classification de Dioscoride; mais le texte même est traduit de Galien, ou, si l'on aime mieux, du commentateur de Dioscoride; on y trouve notamment un long passage sur la terre de Lemnos. La traduction n'est pas d'ailleurs identique avec le texte grec; ainsi le morceau de Galien relatif à l'emploi de la terre ou du bol d'Arménie contre la peste, durant une épidémie survenue en Italie (épidémie où Galien montra peu de courage), n'existe pas dans notre auteur; tandis qu'il ajoute des noms de provenance : montagne Bagavana, ville Agraca, attribuables à une glose du traducteur syriaque. Ce chapitre se retrouve dans un autre manuscrit syriaque du British Museum, mais à l'état d'un simple sommaire d'une quinzaine de lignes, comprenant seulement sept terres, c'est-à-dire un nombre mystique.

Un troisième chapitre est consacré à la description des treize pierres, par-

tagées en deux groupes : celui des sept pierres, hématite, galactite, etc. consacrées aux planètes, suivies de six autres, qui complètent le nombre sacramentel. Ce chapitre se trouve également dans le manuscrit syriaque du British Museum, sans l'indication des planètes, et avec deux articles en sus de treize. Le chiffre 12 est d'ailleurs signalé au début comme le nombre véritable, au lieu de 13.

Le rôle attribué à ces indications numériques est caractéristique du Traité syriaque et lui imprime un certain cachet mystique et astrologique, qui n'existe pas chez les originaux grecs. En effet, tous ces articles sont le résumé de ceux de Dioscoride et ils sont reproduits aussi dans Galien; mais ils n'y sont assujettis ni à un nombre déterminé ni à certaines relations avec les astres. Ils renferment en outre les applications médicales, qui ont disparu dans les textes syriaques : ceux-ci sont donc un résumé, exécuté à un point de vue purement chimique. Ils ont été traduits assurément du grec, mais à une époque plus récente et plus superstitieuse, soit par Zosime, soit par quelque auteur plus moderne, dont l'œuvre a été mise sous le nom de Zosime. Cependant la finale du chapitre l'attribue formellement à Zosime : « Fin des pierres qui ont une vertu médicinale de quelque sorte, dont se servent les sages médecins, sur lesquelles Zosime a fait des recherches et qu'il a décrites pour Théosébie, reine et prêtresse. »

Le quatrième chapitre est une sorte de vocabulaire « des expressions médicales de Zosime, le philosophe », renfermant des mots rangés sans ordre, quelques-uns avec un petit commentaire, où se trouvent notamment, à propos du nom de l'alouette huppée, κορυδός, des citations d'Aristophane et de Théocrite, que je n'ai pas pu retrouver dans leurs œuvres actuelles; je les signale aux hellénistes. D'après l'une, la huppe est antérieure à tous les animaux et porta le corps de son père sur sa tête pendant cinq jours, jusqu'à ce qu'elle eût trouvé une région convenable pour l'enterrer. L'article relatif aux sels et spécialement à celui de Tragase n'existe ni dans Dioscoride, ni dans Galien.

La composition de l'Ouvrage étant ainsi définie, examinons la question des voyages attribués à Zosime et celle de ses recherches minéralogiques à Chypre, où il trouve le diphrygès, la cadmie, le misy et le sory, nécessaires à la fabrication de ses drogues.

Rappelons ici que :

Le *diphrygès* désignait le résidu infusible des fours où l'on traite le cuivre, ou bien encore du grillage de la pyrite (1), ou même de son oxydation spontanée;

La *cadmie* était constituée par un mélange d'oxydes métalliques (cuivre, plomb, zinc, etc.), sublimés ou entraînés dans la cheminée des fours pendant le

(1) *Introduction à la Chimie des anciens*, p. 233.

traitement (1). On désignait aussi sous le même nom un minéral naturel, dont le grillage produisait ces oxydes volatils;

Le misy et le sory étaient des sulfates basiques de fer, mêlés de sulfate de cuivre et d'alumine, plus ou moins secs ou hygrométriques (2), obtenus par la décomposition spontanée ou le grillage des pyrites et autres minerais de cuivre.

Dans le chapitre suivant, relatif aux terres, Zosime s'étend sur la rubrique ou terre sigillée de Lemnos, objet d'une fabrication et d'une exploitation religieuse et scellée par la prêtresse du lieu. C'est là que l'auteur parle de ses voyages en Célésyrie, à Rome, en Thrace, en Macédoine, en Troade et dans les îles de l'Archipel. L'auteur s'y exprime à la première personne. A prendre ce texte au pied de la lettre, il semblerait donc que Zosime, réputé, d'après ses autres Ouvrages, un savant gréco-égyptien, aurait parcouru l'Asie Mineure, l'Archipel, la Thrace, et se serait rendu en Italie. Aucune mention de ces voyages ne figure cependant dans les Ouvrages déjà connus de cet auteur, tels qu'ils existent dans la collection des Alchimistes grecs, et mieux encore dans le grand Traité méthodique, conservé en majeure partie en langue syriaque (3), et dont nous avons, M. Rubens Duval et moi, publié une étude développée.

Le Traité même de Minéralogie que j'analyse en ce moment paraît bien avoir été écrit par Zosime, à en juger par les phrases du commencement, de la fin et des chapitres intermédiaires. Mais l'interprétation littérale des affirmations qui y sont contenues ne saurait être acceptée, en raison des textes de Galien que je viens de rappeler, et qui s'y trouvent littéralement traduits, avec certaines lacunes et abréviations.

Galien, en effet, a exécuté tous ses voyages dans sa jeunesse, par curiosité scientifique, et pour s'approvisionner des matières premières avec lesquelles il composait ses médicaments, la thériaque notamment. C'est ainsi qu'il déclare (4) avoir rapporté une grande quantité de diphrygès des mines de Soli à Chypre. Ce passage est traduit mot pour mot par Zosime; mais il ne reproduit pas ce qui suit dans Galien :

« Dans ma jeunesse, ajoute-celui-ci, j'ai appris à préparer les médicaments, sous la direction d'un maître chèrement rémunéré. J'ai été par mer à Lemnos, à Chypre, dans la Syrie palestinienne, afin d'en rapporter une provision de matières premières non falsifiées et suffisante pour toute ma vie. »

Un peu plus loin (p. 219), Galien parle de la cadmie de Chypre, fabriquée

(1) *Ibid.*, p. 239.
(2) *Ibid.*, p. 242.
(3) *La Chimie au moyen âge*, t. II. — *Traités d'Alchimie syriaque*, p. 210 à 266.
(4) Ouvrage cité, ch. III, 8, t. XII, p. 214, de l'édition de Kuhn.

dans les fours en même temps que le diphrygès, ainsi que du minéral naturel qui la produisait et de ses variétés « botruitis », en forme de grappes, à la partie supérieure des fourneaux, et « placitis », en croûtes, le long des parois inférieures. Zosime a traduit également ce passage, ainsi que l'article de Galien sur le misy de Chypre, où l'auteur décrit l'entrée de la mine et ses trois veines de minerais superposées : celle d'en haut formée par le misy, la veine moyenne par la chalcite, la veine inférieure par le sory.

Les mots *misy, sory, chalcite,* dans ces articles, de même que celui de *cadmie,* ont un sens multiple : d'abord celui de minéraux natifs plus ou moins altérés, lesquels sont, dans le cas actuel, des pyrites cuivreuses inégalement riches en fer et en cuivre; ils signifient aussi les sulfates basiques, produits extrêmes de la décomposition de ces minerais sous l'influence de l'eau, spontanément, ou avec le concours d'un grillage plus ou moins complet. On conservait le même nom aux matières premières altérées, et aux produits successifs de leur transformation, mais en y joignant souvent une épithète, telle que « cadmie minérale » et « cadmie des fourneaux ».

Galien ajoute (p. 226) que le directeur de la mine, en lui montrant ces veines, disait : « Tu viens dans un moment où nous manquons de cadmie des fourneaux; mais tu vois quelle est notre richesse en ces trois matières (sory, chalcite, misy). » « J'en remportai, dit l'auteur, un poids considérable, que j'apportai en Asie, puis à Rome, et dont j'ai encore une provision plus de trente ans après. » Il décrit ensuite une altération, surprenante à ses yeux, du misy naturel : de petits fragments de ce sulfure s'étant agglomérés spontanément, avec formation d'une efflorescence intérieure. Cette portion du texte de Galien se retrouve dans le texte syriaque, mais altérée par une série de contresens dus au traducteur, qui n'avait pas vu les produits eux-mêmes.

Un second morceau, non moins intéressant, concerne la terre sigillée de Lemnos. Ici encore Zosime a reproduit le texte de Galien, en conservant une rédaction faite à la première personne.

Le début de ce chapitre, relatif aux différentes terres, est le même. Puis vient l'article sur la terre de Lemnos; le début en est fort abrégé dans Zosime, notamment la partie relative aux manipulations faites par la prêtresse. Cette terre, en effet, était vendue par une prêtresse, comme la liqueur dite *chartreuse* l'est aujourd'hui par les moines; c'était un oxyde de fer plus ou moins hydraté et impur. On la délayait dans l'eau, afin d'en séparer les pierres et le sable par décantation; puis on la laissait sécher et l'on imprimait sur les fragments le sceau de Diane, avant qu'elle fût durcie; d'où le nom de *terre sigillée.* Un préjugé populaire, rapporté par Dioscoride, prétendait à tort que l'on y ajoutait du sang de bouc, sans doute en raison de sa couleur rouge.

Galien explique quelles difficultés on rencontrait alors pour gagner Lemnos; comment, en se rendant d'Asie à Rome par voie terrestre, c'est-à-dire par la

Thrace et la Macédoine, il fit un premier voyage par mer, d'Alexandrie de Troade à Lemnos, sur un vaisseau qui allait à Thessalonique, et qui le débarqua à Myrina, ville située à l'Occident de l'île de Lemnos et non à Héphestias, située à l'Orient et siège véritable de la fabrication; comment il dut se rembarquer aussitôt et aller jusqu'à Rome. C'est dans un nouveau voyage, en sens inverse, qu'il vit enfin la terre sigillée. On la retirait d'une colline, d'apparence brûlée et dénuée de toute végétation. Il décrit ensuite sa visite et l'achat de 20000 sceaux, c'est-à-dire doses scellées de la terre de Lemnos, ainsi que les propriétés médicales de cette terre employée dans diverses maladies, après délayement dans le vinaigre, le vin, l'eau, etc. Le passage relatif aux voyages a été reproduit par Zosime, le reste étant abrégé ou supprimé.

Ces détails ne laissent, je crois, aucun doute sur le caractère véritable de l'Ouvrage attribué à Zosime : c'est une compilation, analogue à celle de divers auteurs du IIIe et du IVe siècle de notre ère, tels qu'Africanus, Eusèbe et beaucoup d'autres. On s'explique ainsi l'incohérence apparente des autres Ouvrages de Zosime; mais on voit en même temps qu'ils renferment des fragments de livres plus anciens, fragment intercalés sans aucun changement. J'en ai déjà fait la remarque pour les Traités de Marie l'Égyptienne, relatifs aux alambics et à la distillation, et pour les livres des orfèvres alchimistes, concernant les alliages métalliques et l'imitation ou la falsification de l'or et de l'argent. Mais ces livres et Traités sont perdus, tandis que le contenu du Traité de Galien nous permet de saisir sur le fait la valeur des emprunts et le caractère même de la composition des œuvres de Zosime.

XI. — La légende des savants alexandrins. — Les prestiges des prêtres. Les miroirs ardents d'Archimède.

La Science, en Égypte comme en Chaldée, fut d'abord cultivée dans les temples, avant de devenir purement laïque chez les Grecs. A Alexandrie, l'enseignement philosophique avait revêtu une forme mystique chez les néoplatoniciens; et le didascalée d'Alexandrie, après avoir été une école de philosophes, retourna aux origines traditionnelles quand l'inspiration des fondateurs fut épuisée, et ne forma plus guère que des prêtres (1). Synésius, platonicien converti et alchimiste, finit par devenir évêque. Énée de Gaza, qui ne fut pas non plus étranger à l'alchimie, avait aussi passé du platonisme au christianisme.

Aussi, en lisant les curieux articles que M. Maspero a consacrés à la traduc-

(1) *Voir* MATTER, *Histoire de l'École d'Alexandrie.*

tion, par le baron Carra de Vaux, de l'ouvrage arabe intitulé *L'Abrégé des Merveilles,* n'ai-je pas été surpris de rencontrer nombre de rapprochements entre les traditions et imaginations populaires qui y sont rapportées et les expériences authentiques des savants de l'école alexandrine.

Reproduisons d'abord les termes dans lesquels s'y trouve appréciée la science des prêtres d'Égypte :

« Ils fondaient leur art sur les étoiles, qui leur révélaient les choses cachées et la science occulte. Ils firent les talismans fameux, construisirent les figures parlantes, sculptèrent les statues mouvantes, gravèrent sur la pierre les secrets de la médecine, bâtirent les édifices élevés et les pyramides. Les merveilles qu'ils accomplirent sont manifestes; leur sagesse est éclatante. »

La corrélation entre les traditions, souvenirs et légendes de l'ancienne Égypte et les descriptions exactes des physiciens grecs de l'époque ptolémaïque et romaine ne saurait être révoquée en doute, d'après les indications précises qui vont être relevées. Les unes et les autres se rattachent assurément aux pratiques des prêtres égyptiens contemporains. Il s'agit des mêmes phénomènes, souvent à peine déformés par la légende, ainsi qu'il ressort à la fois des textes d'Héron d'Alexandrie et de ceux des écrivains chrétiens, adversaires acharnés du paganisme, notamment de l'auteur des *Philosophumena.* M. Rochas, dans son Ouvrage intitulé : *Les origines de la Science et ses premières applications,* a réuni un certain nombre de ces textes. Les pratiques qui y sont décrites remontent sans doute beaucoup plus haut.

Si quelques-unes reposent sur les méthodes d'une géométrie et d'une mécanique raffinée et n'ont guère pu être inventées avant les découvertes des mathématiciens grecs, cependant la plupart étaient d'une exécution plus facile et elles ont dû être imaginées dans le loisir des sanctuaires, à une époque où la Science était purement sacerdotale et où l'un des principaux soins des prêtres était d'augmenter l'autorité du culte par des prestiges. Un certain nombre d'ailleurs n'avaient point de caractère frauduleux; quant aux autres, rappelons que la fraude même, en pareille matière, ne paraissait pas condamnable à des hommes qui y voyaient un sujet d'édification religieuse.

Plus d'un exemple de la perpétuité de semblables pratiques est venu jusqu'à notre temps; et nous pouvons citer des faits anciens qui se reproduisent encore de nos jours, bien qu'ils aient été expliqués depuis près d'un siècle. Tel est le prodige du sang de saint Janvier, que chacun peut voir à Naples et que tout chimiste sait imiter aujourd'hui. Le professeur de Luca, il y a une vingtaine d'années, en donnait à son cours, à Naples même, une véritable représentation. En tout cas, si l'apparition de ce prodige à Naples date au plus du XIV^e^ siècle, il paraît dériver d'un vieux miracle païen sur la liquéfaction de l'encens, accompli

autrefois près de Brindes et dont parle Horace (*Sermonum liber I, sat. V*) :

> Dum flamma sine, thura liquescere limine sacro
> Persuadere cupit : credat Judæus Apella.

Je serais bien surpris si l'on ne retrouvait aussi, de notre temps, plus d'un récit et d'un artifice magique d'autrefois, conservés chez les populations présentes de l'Égypte.

Quoi qu'il en soit, le départ entre les pratiques antiques, qui procédaient des traditions des anciens habitants de l'Égypte, et les procédés plus récents, empruntés aux savants grecs qui ont perfectionné ces anciennes pratiques et en ont introduit de nouvelles, ce départ, dis-je, ne peut plus être fait aujourd'hui, en l'absence de tout document antérieur. « Les cahiers des anciens prêtres, les livres des Égyptiens », pour parler comme *L'Abrégé des Merveilles*, ne sont pas parvenus jusqu'à nous. Cependant leur existence ne paraît pas devoir être niée absolument. Nous possédons encore, — et je les ai publiés dans la *Collection des Alchimistes grecs*, — plusieurs Traités relatifs à la teinture, à la préparation des métaux, des verres et des étoffes, à la fabrication des pierres précieuses artificielles, et même aux enduits phosphorescents, etc.; or les auteurs de certains de ces Traités déclarent avoir tiré leurs recettes — qui sont réelles et susceptibles d'être reproduites, même de nos jours — du « Livre du Sanctuaire » (1). Il existe d'ailleurs un livre de médecine en langue égyptienne, découvert en 1872, le papyrus Ebers, daté du XVI^e^ siècle avant J.-C.; j'en ai donné une analyse dans le présent volume.

Je ne sais si l'on sera assez heureux pour découvrir jamais quelque texte analogue, qui nous révèle de quels artifices se servaient les prêtres égyptiens pour produire leurs prestiges; mais il semble intéressant de rapprocher les indications légendaires de *L'Abrégé des Merveilles* des faits et textes positifs que nous connaissons. Je m'efforcerai d'ailleurs de faire ces rapprochements avec prudence, de façon à ne pas y mêler des conjectures trop hasardées et des notions étrangères à celles des hommes de l'époque, et je n'étendrai pas mon étude au delà des légendes contenues dans l'Ouvrage arabe, afin de ne pas me lancer dans un domaine illimité.

Les points auxquels je m'attacherai particulièrement parmi ces légendes sont les suivants :

Prestiges fondés sur des phénomènes optiques, tels que miroirs, effets lumineux, fantômes et apparitions, etc.;

---

(1) *Collection des Alchimistes grecs*, traduction, p. 334. — *La Chimie au moyen âge*, t. I, p. 81 et 178.

Prestiges fondés sur des phénomènes acoustiques, tels que dragons sifflants, oiseaux chantants, personnages jouant de la trompette, figures parlantes, etc.:

Prestiges fondés sur des phénomènes mécaniques, tels que statues mouvantes et menaçantes, ouverture et fermeture des portes des chapelles, objets animés de mouvements automatiques, etc.;

Prestiges fondés sur des phénomènes chimiques, tels qu'effets de combustion, réelle ou apparente, phosphorescence, idoles incendiaires, lampes perpétuelles, production de richesses par transmutation des métaux et alchimie, etc.

Je m'appuierai, je le répète, non sur des interprétations conjecturales, mais sur des textes et documents précis.

Je parlerai d'abord des apparitions.

Les récits d'apparitions sont trop répandus chez les auteurs anciens pour que le seul fait de leur existence puisse servir de fondement à quelque induction générale. Mais certains de ceux de *L'Abrégé des Merveilles* offrent des caractères spéciaux, qui donnent lieu à des rapprochements plus étroits. Je veux parler de l'apparition finale des rois magiciens. Sur la fin de son règne, nous est-il dit, le roi s'enferme dans un palais magique et disparaît pendant un long temps; puis un jour sa face se manifeste en haut d'un temple, dans une lumière éclatante et prononce ses dernières paroles.

Le même conte est reproduit, à peu près sans variantes, dans l'histoire de plusieurs rois.

Ce récit peut être rapporté soit à l'identification du roi avec Râ, le dieu solaire; soit et plutôt, d'après M. Maspero, à une cérémonie exécutée dans la tombe des morts, l'*Illumination du répondant,* indiquée au Chapitre VI du *Livre des Morts* égyptien, laquelle a donné lieu à une légende rapportée par Stobée et par Damascius. D'après cet écrivain : « Dans une manifestation qu'on ne doit pas révéler, il apparaît sur la paroi du temple une masse de lumière, qui semble d'abord très éloignée; elle se transforme, comme en se resserrant, en un visage évidemment divin et surnaturel, d'un aspect sévère, mêlé de douceur et très beau à voir. Suivant les enseignements d'une religion mystérieuse, les Alexandrins l'honorent comme Apis et Adonis. »

Or les procédés mêmes à l'aide desquels on provoquait de semblables phénomènes sont décrits avec précision par Héron d'Alexandrie. Il explique comment un miroir placé au fond d'un temple et dans l'ombre, invisible des spectateurs, fait apparaître l'image de personnes ou de peintures, dérobées par un écran, mais vivement éclairées. En donnant au miroir une inclinaison convenable, il peut être placé en face des spectateurs sans en être aperçu. On peut montrer ainsi, ajoute Héron, par un jeu de miroir, comment Pallas est sortie de la tête de Jupiter. Cela revient en effet à couper en deux l'image d'une personne ou d'un objet figuré.

Voilà des tours à la Robert Houdin, dirions-nous aujourd'hui. De semblables illusions d'optique ont été souvent exploitées par les thaumaturges de tous temps et de tous pays. Il est facile de les exciter avec des miroirs plans, tels que l'on en possédait en Égypte, ou tels qu'on en a trouvé dans ses tombeaux, datant de plusieurs milliers d'années avant l'ère chrétienne.

Quant aux détails signalés par Damascius, il serait aisé de les reproduire, en développant d'abord une fumée ou vapeur d'apparence magique, convenablement éclairée latéralement, laquelle, en se dissipant peu à peu, laisse apparaître de plus en plus nette l'image réfléchie par le miroir.

En tout cas, les textes de Damascius et de Héron d'Alexandrie montrent qu'il ne s'agit pas ici de pures fables, nées de l'imagination populaire, mais de cérémonies rituelles, que le peuple a transformées en légendes pseudo-historiques.

C'est sans doute par des procédés analogues que les magiciens faisaient surgir de la terre, ou d'un autel, la figure d'une divinité. Pausanias rapporte avoir vu lui-même le fantôme d'un héros anonyme s'élever de son tombeau, pendant qu'on lui offrait des sacrifices. L'imagination frappée des spectateurs crédules concourait assurément à former leur conviction; mais elle était aidée par des artifices méthodiques.

Même sans glaces ou miroirs, des jets de lumière peuvent ainsi illuminer subitement et pendant quelques instants des statues, des objets obscurs. Ceci s'accorde avec ce que rapporte M. Maspero des statues, placées dans les tombeaux, dont les yeux de verre, d'émail, ou de métal s'éclairent subitement à la lumière des torches.

Aux inventions purement optiques, destinées à produire des apparitions lumineuses, les prêtres joignaient des procédés d'ordre chimique : je ne parle pas ici par conjecture, mais d'après les textes précis des auteurs chrétiens et des alchimistes. Dans les *Philosophumena,* on rapporte que les figures des dieux (démons) étaient dessinées sur un mur, enduites de naphte et de bitume de Zacynthe; puis les mages les évoquaient, en approchant un flambeau, qui faisait apparaître les divinités enflammées. Le même auteur dit aussi comment une vessie préparée et enduite de cire, en forme de tête humaine, après avoir fait l'office de tête parlante, s'évanouissait en fumée.

Dans ces récits et ces illusions, il s'agit d'ordinaire d'inflammations réelles; mais les apparences d'inflammation, c'est-à-dire les phénomènes de phosphorescence, y jouaient parfois un rôle incontestable, ainsi que le montre le développement des légendes de ce genre, tirées de *L'Abrégé des Merveilles*. Telles sont les idoles du roi Nekraous, dont les yeux brillaient la nuit comme des flambeaux (p. 178); telle est, avec des détails plus positifs, la construction par le roi Afraous d'un phare muni d'une coupole de cuivre doré, *enduite de divers onguents,* laquelle brillait pendant la nuit d'un éclat capable d'éclairer une

partie de la ville, mais qui disparaissait devant la lumière du Soleil. Misram construisit un candélabre de verre clair, orné d'une pierre tournante, qui éclairait mieux (¹) que n'importe quel flambeau (p. 180).

Ces légendes répondent à des phénomènes réels, attribuables à la phosphorescence. Le procédé susceptible de les manifester est décrit amplement dans les écrits des alchimistes grecs, et il y est donné comme tiré des livres d'Ostanès et autres magiciens persans et égyptiens. Il était fondé sur l'emploi des biles des animaux marins, dont on frottait les objets que l'on voulait rendre lumineux dans l'obscurité. J'ai publié et commenté ces textes (²).

Des effets de phosphorescence analogues, mais transitoires, sont également susceptibles de se produire, au moment où l'air et la lumière pénètrent dans un tombeau longtemps fermé. Ces effets ont dû concourir aux récits de lampes perpétuelles trouvées dans les sépulcres. Je rappellerai que l'un des premiers phénomènes qui aient été observés parfois lors de l'ouverture des tombes antiques, a été décrit comme l'affaissement des restes du cadavre et la disparition presque subite de ses vêtements et ornements. J'ai assisté, moi-même, lors de l'Exposition universelle de 1867, à Paris, à une vision de ce genre, au moment du déroulement, par Mariette, d'une momie qu'il avait apportée d'Égypte. A un certain moment, apparut sur la poitrine de la momie une plaque d'argent, couverte de caractères noirs : c'étaient les formules rituelles du Livre des Morts. Mariette les lut rapidement sous nos yeux; et elles s'évanouirent presque aussitôt, brûlées par l'action de l'air et de la lumière. La scène se passant en plein jour, on n'aperçut aucune lueur; mais les phénomènes de combustion spontanée de cet ordre sont très souvent accompagnés de phosphorescence. Ils ont dû être observés plus d'une fois par les violateurs des tombes égyptiennes et les frapper d'une terreur superstitieuse.

Il est aussi question chez les auteurs anciens de certains mélanges susceptibles d'être conservés dans l'obscurité et qui s'enflammaient au Soleil. Déjà, dans les *Trachiniennes* de Sophocle, Déjanire parle d'un philtre (sang de Nessus), destiné à enflammer la tunique d'Hercule, philtre qui ne doit pas être exposé aux rayons du Soleil. On serait porté à regarder ces indications comme purement fabuleuses, si on ne les retrouvait dans des recettes d'apparence purement scientifique, telles que celles de Julius Africanus (³) et de Marcus Græcus (⁴); la pyrite (fer sulfuré) et la chaux vive y figurent. Cependant ces recettes sont trop vagues pour que nous puissions, avec les seules matières connues des anciens, même aidés de nos connaissances modernes, en reproduire exactement

(¹) Ceci rappelle la pierre solaire de Marcus Græcus (*La Chimie au moyen âge*, t. I, p. 116).

(²) *Collection des Alchimistes grecs*, traduction, p. 336. — *La Chimie au moyen âge*, t. I, p. 130 et suiv. Recettes de Marcus Græcus.

(³) *La Chimie au moyen âge*, t. I, p. 95.

(⁴) *Ibid.*, p. 103 et 116.

les effets; à moins de recourir à des affusions d'eau, comme je le dirai tout à l'heure. On y réussit plus aisément s'il s'agit de mélanges phosphorescents, ou susceptibles de le devenir sous l'influence de la lumière solaire, mélanges, au contraire, faciles à composer. Les lueurs phosphorescentes, surtout dans les récits magiques, étaient confondues autrefois avec celles d'une combustion active : le mot *incendium* offre réellement ce double sens dans Marcus Græcus.

Les prêtres de l'antiquité connaissaient plusieurs procédés pour allumer un feu véritable, sans recourir à l'emploi de matières en combustion préalable. Tel est le mélange de la chaux vive avec le soufre soumis à l'action de l'eau, mélange signalé d'une façon expresse par Tite-Live, dans un passage relatif à l'interdiction des Bacchanales, mélange qui resta connu pendant le moyen âge (1). Telles étaient encore les cendres de couleur spéciale (mélange de chaux vive et d'encens?) employées dans un temple de Lydie, d'après Pausanias (2). Le mage invoquait le dieu par des prières en langage barbare, et le bois placé sur l'autel s'allumait de lui-même. Il est probable que l'inflammation était, comme dans le cas des Bacchantes, provoquée par des affusions d'eau.

Mais revenons aux effets magiques des miroirs : les miroirs jouent un grand rôle dans *L'Abrégé des Merveilles,* et la tradition de la science alexandrine est ici surtout manifeste; les propriétés optiques des miroirs plans et des miroirs concaves ayant donné lieu à toutes sortes d'effets constatés, que l'imagination populaire a grossis et transformés jusqu'aux affirmations les plus étranges.

Reproduisons d'abord quelques citations tirées de notre auteur, afin de donner une idée à la fois des phénomènes réels qui avaient été observés, et des rêves suscités par les propriétés surprenantes des miroirs.

Le roi Nekraous construisit une coupole sur des piliers scellés avec du plomb et il fixa dessus un miroir de chrysolithe, de la grandeur de sept empans, dont la clarté portait à une très grande distance (p. 175).

Un autre souverain éleva un phare de quatre-vingts coudées, couronné d'une coupole qui changeait de couleur chaque jour de la semaine (p. 169).

Sourid construisit un miroir de substances composées, dans lequel il voyait les climats (régions) du monde, avec leurs parties habitées et leurs déserts et tout ce qui s'y passait. Ce miroir était placé sur un phare de cuivre. On y voyait tous les voyageurs qui venaient vers l'Égypte de toutes les directions (p. 201).

Adim construisit un phare surmonté d'un miroir de substances composées, où l'on apercevait tous les climats du globe (p. 250).

Au milieu de Rhakoudah (sur l'emplacement futur d'Alexandrie), un roi

(1) *La Chimie au moyen âge,* t. I, p. 95.

(2) Pausanias, *Eliaques,* t. I, p. 27.

éleva une coupole en cuivre doré, au-dessus de laquelle il dressa un miroir formé de substances composées, qui avertissait de l'arrivée des ennemis; l'on projetait alors ses rayons, dont la flamme incendiait leurs vaisseaux (p. 234).

Le phare d'Alexandrie, est-il dit encore, avait à son sommet un miroir, permettant d'apercevoir de loin les vaisseaux qui venaient du pays de Roum; ce miroir était de verre et cylindrique.

Kersoun construisit un phare avec un miroir de substances composées, qui attirait les navires sur le rivage et les y retenait, jusqu'à ce qu'ils eussent payé tribut (p. 281).

Sâ éleva des tours au bord de la mer et plaça en haut divers miroirs de substances composées. Il y en avait qui réfléchissaient les rayons du Soleil sur les navires ennemis et les brûlaient; d'autres, où l'on voyait les villes situées de l'autre côté de la mer; d'autres, où l'on voyait les climats (régions) de l'Égypte. Un an d'avance, on apercevait les contrées qui seraient fertiles et celles sans fruits (p. 282), ainsi que les événements futurs du pays (p. 293). Quelques-uns des miroirs empêchaient les monstres marins de nuire aux habitants du rivage (p. 282).

Koftarim fabriqua des miroirs où chacun pouvait voir ce qu'il désirait connaître (p. 238). Un autre roi, adorateur d'une étoile et alchimiste, dressa à la porte de Sâ une colonne sur laquelle il plaça l'image d'une femme assise, tenant en main un miroir. On regardait dans ce miroir pour connaître le sort des malades. Si le malade allait mourir, on l'y voyait mort; s'il devait vivre, on l'y voyait vivant. De même il indiquait le sort des voyageurs et leur retour, ou leur mort (p. 286).

Quelques-unes de ces légendes sont les mêmes que celles des miroirs magiques proprement dits, telles qu'elles sont rapportées par les auteurs de notre moyen âge : elles n'ont qu'une relation éloignée avec les faits historiques et les connaissances scientifiques des anciens; c'est pourquoi je ne crois pas devoir m'y étendre. Au contraire, il est intéressant d'examiner de plus près celles qui se rapportent au phare d'Alexandrie. On les retrouve dans divers auteurs arabes.

Ainsi, d'après Abulfeda, il existait sur ce phare un miroir en métal poli, à l'aide duquel on apercevait les navires qui arrivaient. Ce miroir aurait été détruit après la conquête, sous le calife Walid.

Dans la Bibliothèque orientale de d'Herbelot (p. 564, édition de Maestricht, 1776), à l'article *Menar* (minaret), il est question du miroir talisman, placé par Alexandre en haut du phare d'Alexandrie, célèbre dans tout l'Orient, et à l'aide duquel l'on voyait les navires arrivant de loin; miroir qui se serait brisé l'an 19 de l'Hégire, un peu avant l'époque de la conquête de l'Égypte.

Le moment est venu de nous demander : Qu'y a-t-il de réel dans ces récits et traditions?

En fait, les écrivains grecs et latins ne nous ont laissé que fort peu de ren-

seignements sur le phare d'Alexandrie, malgré sa célébrité. Tout ce que nous savons, c'est que c'était une tour élevée, sur laquelle on allumait des bûchers la nuit, pour éclairer et diriger les navires vers l'entrée du port. Toutefois, dans les quelques lignes que ces auteurs ont consacrées au phare d'Alexandrie, il n'est pas question des miroirs, qui jouent un si grand rôle dans les légendes arabes.

Assurément des miroirs plans auraient pu réfléchir et renvoyer au loin l'éclat des foyers enflammés; des miroirs concaves auraient pu concentrer à leur foyer l'image des objets voguant sur la mer, des navires, par exemple — depuis vingt kilomètres environ, si le phare avait eu une hauteur de quatre-vingts coudées, comme la chose a été dite. Il est même facile d'imaginer par quelles dispositions de semblables miroirs auraient pu jouer le rôle de télescopes, et les connaissances optiques des géomètres grecs étaient suffisantes pour permettre la construction de semblables miroirs.

Mais tout cela est à peu près conjectural; car ces opinions reposent seulement sur des récits arabes et coptes, mélangés de trop de contes magiques pour que l'on puisse asseoir sur eux des démonstrations positives : du moins jusqu'au jour où l'on aurait découvert des textes antiques, datés et clairement énoncés. Jusqu'à nouvel ordre, l'invention du télescope ne saurait être regardée comme plus ancienne que le commencement du XVII^e^ siècle, et il serait téméraire de l'antidater.

On sait à quelles erreurs on serait exposé en procédant autrement. Je demande la permission d'en citer un exemple, peu connu, je crois. Dans le roman (imprimé) d'Esplandian, fils d'Amadis, roman qui date du XVI^e^ siècle, le héros pénètre dans le Bosphore, monté sur la *Grande-Serpente,* navire magique, qui s'avance en vertu d'une force interne, en vomissant le feu et la fumée et en poussant de longs sifflements. Il serait facile, en raisonnant comme Dutens l'a fait plus d'une fois pour attribuer aux anciens des inventions modernes, il serait facile, dis-je, de voir dans la *Grande-Serpente* un steamer moderne, muni d'une sirène et poussé par la force de la vapeur.

Cependant il n'est peut-être pas superflu d'examiner ici de plus près les souvenirs qui se rapportent aux miroirs ardents et à l'incendie des navires ennemis; non certes pour soutenir l'opinion des auteurs arabes qui les placent sur le phare d'Alexandrie, mais pour montrer dans cette opinion même le reflet des traditions des géomètres grecs et la réminiscence de l'emploi historique des miroirs ardents dans la stratégie navale.

L'usage du miroir pour concentrer la chaleur solaire et produire du feu est fort ancien. Les premiers essais paraissent avoir été réalisés dans les temples, à l'aide de vases métalliques à fond conique ou concave, dans le but d'obtenir un feu sacré qui ne fût pas allumé de main d'homme, soit pour le culte de Vesta, soit pour celui des anciens Persans. On savait également produire un foyer

comburant par réfraction, à l'aide d'un instrument de verre, ainsi qu'il résulte d'un texte d'Aristophane dans les *Nuées*. La théorie scientifique des miroirs ardents, destinés à concentrer sur un point les rayons solaires réfléchis, est exposée dans la Catoptrique d'Euclide. On a attribué également à Archimède un Traité semblable : Περὶ κατόπτρων καυστικῶν, Traité aujourd'hui perdu, ainsi que celui de Dioclès Περὶ πυρίων, le mot πύρια ayant le sens de miroirs ardents; ainsi qu'il résulte de ce titre et plus nettement de l'ouvrage d'Anthémius que nous possédons et dont je vais parler. Si j'insiste sur ce point spécial, c'est que ce sens a été omis dans le grand Dictionnaire de Henry Estienne, même dans l'édition de Hase. Je rappellerai encore les sources arabes, citées dans un Mémoire de M. E. Wiedemann (1).

Or la légende de *L'Abrégé des Merveilles*, d'après laquelle le miroir placé sur le phare d'Alexandrie aurait eu la propriété d'incendier les vaisseaux ennemis, est évidemment la reproduction des récits d'après lesquels Archimède aurait brûlé, par ce procédé, les navires romains dans le port de Syracuse.

D'après Zonaras, auteur byzantin, Proclus aurait répété cet incendie au VI^e^ siècle, dans le port de Constantinople, sur la flotte des Goths, dirigée par Vitalien, révolté contre l'empereur Anastase. La filiation de ces récits est incontestable et montre combien un semblable emploi des miroirs avait frappé l'imagination populaire. L'écho s'en retrouve dans le Traité des miroirs (2) de Roger Bacon, prompt à accueillir tout récit propre à exalter le pouvoir merveilleux de la Science (3). Avec douze miroirs de ce genre, dit-il, on pourrait chasser les Sarrasins de la terre sainte sans effusion de sang.

Peut-être ne jugera-t-on pas superflu de rappeler les motifs que l'on peut invoquer à l'appui de la réalité de l'opération accomplie par Archimède, opération dont Kircher et Descartes ont contesté la possibilité; mais à tort, pour s'être attachés exclusivement à l'emploi des miroirs concaves, et faute d'avoir connu la véritable disposition des miroirs susceptibles de l'accomplir. On sait en effet que Buffon l'a démontrée par des expériences positives et que la publication des textes d'Anthémius a mis ces dispositions en pleine lumière. Peyrard, éditeur d'Archimède, en a donné en 1807 un commentaire plus complet encore.

Parmi les auteurs parvenus jusqu'à nous, ceux qui ont mentionné d'abord l'emploi des miroirs ardents par Archimède sont : Lucien, dans une phrase générale,

Τὰς τῶν πολεμίων τριήρεις καταφλέξαι τῇ τέχνῃ (Hippia);

---

(1) *Annalen der Physik*, N. F., t. XXXIX, 1890, p. 110.

(2) *Tractatus de Speculis*, dans l'Ouvrage *Perspectiva*, p. 202. Francfort, 1614.

(3) *Opus tertium*, Chap. XXIII, *Opera inedita*. London, 1859.

et Galien, dans une ligne plus catégorique quant à l'emploi des miroirs ardents,

Οἶμαι καὶ τὸν Ἀρχιμήδην φασὶ διὰ τῶν πυρίων ἐμπρῆσαι τὰς τῶν πολεμίων τριήρεις.

Plusieurs auteurs postérieurs en ont parlé depuis. Cependant ni Polybe ni Plutarque ne les mentionnent; peut-être parce que la tentative d'Archimède produisit plus de frayeur que de destruction efficace.

Le procédé qui dut être employé, signalé un peu confusément par Tzetzès, a été décrit de la façon la plus rigoureuse par Anthémius de Tralles, l'un des plus célèbres ingénieurs byzantins et l'architecte de Sainte-Sophie. Il est contenu dans un fragment de son *Traité sur les paradoxes de la Mécanique*. Ce fragment a été publié, traduit et commenté par Dupuy, dans les *Mémoires de l'Académie des Inscriptions,* Tome XLII (1776-1779). L'auteur se propose d'abord et résout le problème de l'héliostat, qui consiste à diriger et à faire tomber en un point donné un rayon solaire constant et invariable, à toute hauteur et en toute saison. Puis il cherche comment Archimède a dû opérer pour enflammer des matières combustibles, à l'aide des rayons solaires et à la portée du trait. Il observe que le but est difficile ou impossible à atteindre par l'emploi d'un miroir sphérique concave; ce miroir ne pouvant agir en toutes directions et devant offrir de trop fortes dimensions pour opérer à de telles distances : ce sont précisément les objections de Descartes. Et cependant, ajoute Anthémius, on s'accorde unanimement à dire qu'Archimède brûla les vaisseaux ennemis par le moyen des rayons solaires. Anthémius explique, d'après une construction géométrique rigoureuse, comment ce problème peut être résolu au moyen d'un miroir plan hexagone, articulé sur ses côtés avec six autres miroirs également hexagones et dont on fait varier convenablement les inclinaisons relatives. C'est cette disposition que Tzetzès décrivit plus tard, d'après Anthémius. L'emploi de plusieurs miroirs plans, disposés de façon à faire converger les rayons sur un point unique, est également signalé comme dû à Archimède et Anthémius, dans le ms. latin 9335 (fol. 86 r.) de la Bibliothèque nationale.

En 1747, Buffon, qui ne connaissait pas le texte encore inédit d'Anthémius, réalisa l'expérience par une combinaison parabolique de miroirs plans et il enflamma des planches, à une distance de 200 pieds.

On voit, par cet exposé détaillé, comment les expériences scientifiques réelles des Grecs ont donné naissance aux légendes populaires de l'Égypte copte, légendes contemporaines des calculs et exposés précis des géomètres byzantins.

Terminons par une application légendaire des miroirs, d'un caractère tout différent. Il s'agit de leur emploi pour prévoir l'issue des maladies, ou celle d'un voyage. C'étaient là des questions essentiellement astrologiques; divers pro-

cédés étaient usités en Égypte pour les résoudre. Telles sont, notamment, la sphère de Démocrite, les cercles de Petosiris, dont j'ai enregistré ailleurs (1) les figures photographiées. Mais les solutions contenues dans ces figures reposent sur des calculs et des tracés auxquels un miroir n'est pas d'ordinaire consacré. Il devait y avoir quelque autre cérémonie ou indication astrologique fournie par des miroirs.

Les statues parlantes et mouvantes, les oiseaux et les serpents de métal, animés, sifflant et chantant, sont au nombre des merveilles de l'Égypte, dont notre auteur a conservé le plus vif souvenir. Reproduisons d'abord ses citations, puis nous les comparerons avec les textes extraits d'Héron d'Alexandrie.

D'après l'*Abrégé des Merveilles,* le roi Nebraous fabriqua un oiseau qui sifflait chaque jour deux fois au lever du Soleil et deux fois à son coucher, et dont les sifflements permettaient de présager les événements (p. 176).

Ailleurs, un oiseau battait des ailes, chantait à l'aurore, à midi et au soir (p. 275).

Afraous érigea un phare, surmonté d'une tête d'homme en cuivre, qui criait à chaque heure (p. 220).

Un autre roi construisit un nilomètre, sur le bord duquel il érigea deux aigles de cuivre, mâle et femelle. Au moment de la crue, l'un d'eux sifflait; si c'était le mâle, la crue était complète; si c'était la femelle, la crue était insuffisante (p. 180).

Sarbak fit un canard de cuivre, élevé sur des colonnes; lorsqu'un étranger entrait, il battait des ailes et chantait (p. 193).

Un pilier de cuivre, dressé par Koftarim, portait l'image d'un oiseau; lorsque des bêtes fauves approchaient de la ville, l'oiseau jetait un sifflement qui les mettait en fuite (p. 238).

Sous le règne d'Ochmoun fut faite une oie de cuivre; lorsqu'un étranger voulait entrer dans la ville, cette oie criait et battait des ailes (p. 267).

On voit que le même récit se reproduit, à peine varié, dans l'histoire de plusieurs rois. L'aigle placé sur une colonne figure dans les récits des alchimistes grecs; c'était en fait l'image d'Horus l'Épervier.

Les statues animées sont également citées dans l'*Abrégé des Merveilles.* Dans les parterres du roi Bilatis, il y avait des statues sifflant sur des tons variés (p. 272).

Du temps de Koftarim, tout homme mettant le pied sur une certaine dalle, *qui recouvrait des conduites d'eau,* mettait en mouvement des statues qui le frappaient de leurs épées (p. 238).

De même, il est dit que Felimoun bâtit Damiette : dans son tombeau il dis-

(1) *Introduction à la Chimie des anciens,* p. 88 et 90.

posa des statues mobiles *sur des conduites d'eau* et ayant en main des glaives, dont elles frappaient ceux qui voulaient entrer (p. 278).

Ailleurs la statue d'un dragon tuait quiconque en approchait.

Certes ces statues ont un caractère mythique et rappellent l'opinion populaire d'après laquelle chaque statue était la demeure d'un esprit et jouait le rôle d'un talisman, comme le fait observer M. Maspero. Mais la précision de certains détails, la mention surtout des conduites d'eau, en connexité avec les statues mouvantes, concordent singulièrement avec les artifices mécaniques décrits par Héron d'Alexandrie comme d'usage courant dans les temples de l'Égypte. Ce savant physicien explique en effet, avec les détails les plus précis, comment, lorsqu'on ouvre les portes du temple, les dragons sifflent, les oiseaux chantent, un personnage fait sonner sa trompette. Le tout résultait du jeu des cordes et de l'air comprimé dans une boule, qu'un bras de levier enfonçait dans un réservoir rempli d'eau; le levier lui-même étant commandé par une poulie sur laquelle tournait une corde, tirée par la porte mobile.

D'après un autre artifice, c'est le feu allumé sur l'autel qui détermine l'ouverture des portes. Il dilate l'air d'un réservoir placé au-dessous et refoule par l'intermédiaire de cet air l'eau qu'il surmonte. Cet air se rend à son tour, par un siphon, dans une marmite suspendue à une corde et faisant contrepoids. Quand on éteint le feu, l'eau, par un trajet inverse, rentre dans son réservoir et les portes sont refermées. Tout cet appareil est décrit minutieusement.

L'air ainsi dilaté ou comprimé détermine dans d'autres systèmes le sifflement ou le chant des oiseaux, le sifflement du serpent, le son de la trompette, l'épanchement sur l'autel des libations versées pour les statues des dieux.

Dans une autre description, Hercule tire une flèche contre le dragon qui siffle, au moment où l'on enlève une pomme placée sur le piédestal de sa statue. Ailleurs les oiseaux chantent lorsqu'on tourne de leur côté la figure d'un hibou. Ailleurs on fait boire les oiseaux par un artifice semblable. Ailleurs on détermine leur chant périodique.

Tous ces mouvements, ces chants, ces libations sont produits par le jeu de mécanismes hydrauliques très simples et en conformité avec les récits de l'*Abrégé des Merveilles* sur la relation entre les conduites d'eau et les prodiges des statues.

Je ne rappelle pas ici les tuyaux acoustiques cachés dans les murs, par lesquels un homme caché faisait parler les statues des dieux. Ce procédé est plus grossier que celui des statues mouvantes et parlantes, dont l'artifice est fondé sur des dispositions purement hydro-pneumatiques.

La tradition de ces prestiges survécut d'ailleurs à la ruine des temples.

Lorsque le Lombard Luitprand, ambassadeur de Lothaire, roi d'Italie, et secrétaire de Béranger, marquis d'Ivrée, fut reçu à Constantinople, en 948, par

l'empereur Constantin VII Porphyrogénète, dans le palais de Magnaure, il vit devant le trône un arbre de cuivre doré; des oiseaux du même métal, perchés sur les branches, faisaient entendre leur ramage. Le trône était large, ses bras formés par deux lions dorés. A l'approche de Luitprand, les lions se mirent à rugir, les oiseaux à chanter; puis le trône s'éleva jusqu'au plafond par un jeu de ressorts.

Ce récit romanesque a trop d'analogie avec les procédés décrits par Héron pour que l'on puisse en révoquer en doute, sinon tous les détails, au moins le fond véritable.

Il en est d'autres encore qui se rencontrent à la fois dans l'*Abrégé des Merveilles* et dans Héron d'Alexandrie. Ainsi le premier auteur rapporte que le roi Markounos (p. 283) possédait des vases de verre que l'on pouvait peser à vide, puis pleins d'eau; leur poids n'avait pas augmenté. Dans d'autres vases, l'eau versée prenait la saveur, la couleur et la force du vin; on en aurait trouvé de semblables au temps de la reine Cléopâtre. Rapprochons-en encore l'histoire d'un vase intarissable remontant à Adam, et cité dans le *Supplément aux dictionnaires arabes de Dozy* (t. I, p. 498).

Tous ces récits correspondent avec des appareils et des expériences décrits par Héron d'Alexandrie; bien entendu, sauf quelques altérations introduites par l'imagination populaire.

Les vases merveilleux, en effet, sont décrits dans les *Pneumatiques*. Tel est un vase qui demeure toujours plein, quelle que soit la quantité d'eau qu'on en retire. Bien entendu, il est en communication avec un grand réservoir (caché par un vase intermédiaire), dont le niveau est maintenu invariable; l'orifice de communication étant muni d'un système de contrepoids. C'est le vase intarissable d'Adam.

Quand au vase dont le poids ne changerait pas quand on le vide, cette indication serait évidemment erronée, s'il ne s'agissait d'une disposition par laquelle le liquide écoulé disparaît, tout en demeurant versé dans le fond du vase par l'aide de quelque artifice de siphon.

Le vase rempli d'eau qui verse du vin rentre également dans les artifices des faiseurs de tours. En fait, Héron indique comment on le construit, à l'aide d'un diaphragme intérieur, qui le partage en deux compartiments, où l'on introduit séparement l'eau et le vin. Il décrit en même temps un vase duquel on peut tirer à volonté par le même goulot plusieurs espèces de vins.

Ceci rappelle la notion alchimique du vase aux sept essences coulant sans se mêler (p. 178 de l'*Abrégé des Merveilles*).

Tous ces détails concordent et établissent le parallélisme qui existe entre les merveilles décrites par l'auteur égypto-arabe et les traditions scientifiques de l'école d'Alexandrie.

Les statues mouvantes décrites jusqu'ici semblent rapportées à des artifices

hydrauliques ou hydro-pneumatiques. Mais ce n'étaient pas les seuls. Héron en décrit plusieurs autres dans son livre des *Automates*.

Nous allons poursuivre ces rapprochements, en nous attachant à un ordre de connaissances différent : il s'agit de l'Alchimie. L'Alchimie est originaire d'Égypte et, dès l'époque romaine, c'était une tradition très répandue que les anciens rois avaient tiré leurs richesses de cette Science. Dioclétien fit même brûler les livres qui en traitaient, s'imaginant ôter ainsi aux rebelles les secours qu'ils pourraient y trouver. On prétendait expliquer par là les trésors trouvés dans les sépultures violées, trésors réels et dont l'ouverture des tombes de Dahchour, même de nos jours, a démontré la réalité.

On a revu ce jour-là le cercueil du roi, décrit à la page 176 de l'*Abrégé des Merveilles*, enfermé dans une arche (sarcophage), avec des trésors qu'on ne peut évaluer : pierres précieuses, joyaux d'or et d'argent travaillés avec perfection.

Ces traditions étaient courantes chez les Arabes. Le Kitab Al-Fihrist a consacré à l'alchimie égyptienne toute une section, dont j'ai publié la traduction, dans le volume que j'ai destiné à l'alchimie arabe. Dans la liste des noms des philosophes qui ont parlé de l'œuvre, on rencontre ceux d'Hermès, Toth, Arès (Horus), Ostanès, Marqounès; les autres se rapportant à des personnages purement grecs, syriens, ou arabes. Marqouch, roi d'Égypte, figure également comme alchimiste dans le manuscrit arabe de Paris n° 1074.

Rapprochons ces indications de celles de l'*Abrégé des Merveilles*.

Sous le règne de Nekraous, il est question de la connaissance des onguents composés et des poisons meurtriers, associée à celle des pierres et métaux précieux (p. 179). Ce sont là des réminiscences du livre d'Hénoch, réputé l'un des fondateurs légendaires de la Chimie, dans les premiers siècles de l'ère chrétienne.

Plus loin on lit le nom du roi Markounos, ami de la science et de l'art grec, et alchimiste, qui fit de l'or (p. 288). C'est le Marqounès ou Marqouch, indiqué plus haut et sur lequel je reviendrai tout à l'heure.

On parle aussi d'un autre roi, adorateur d'une étoile, qui pratiqua l'Alchimie, et fit de l'or en plus grande quantité que ses prédécesseurs (p. 286).

Adîm possédait une table de mercure fixé, dont le bord et les pieds étaient de mercure jaune et qui supportait un vase de mercure rouge.

Le roi Kalkan fut le premier qui rendit publique en Égypte la pratique de la Chimie, art caché auparavant, afin que les rois des autres nations ne pussent s'en emparer. Par suite une richesse générale régnait dans le pays (p. 318).

Ces assertions et ce langage correspondent avec les dires des alchimistes sur le secret imposé à leur science (1). « Étant amis des rois d'Égypte, dit Olym-

(1) *Collection des Alchimistes grecs*, p. 98 et 231.

piodore, et s'honorant d'occuper les premiers rangs en dignité parmi les prophètes, comment auraient-ils pu révéler au public des connaissances réservées aux rois, et donner à d'autres le pouvoir dominateur de la richesse? » Et auparavant : « Les artisans préposés aux opérations faites par la voie du feu, ainsi que ceux qui avaient la connaissance du lavage des minerais et de la suite des opérations, étaient chargés d'accroître les trésors royaux. C'était une loi chez les Égyptiens que personne ne divulguât ces choses par écrit. »

Enfin l'auteur de l'*Abrégé des Merveilles* dit que Tarik, conquérant de l'Espagne, trouva un livre qui exposait les secrets de la teinture des métaux et du verre et la façon de produire les couleurs de l'hyacinthe. C'était quelque Traité de l'ordre de ceux qui sont venus jusqu'à nous. Il ajoute que Tarik découvrit de grandes corbeilles, remplies avec la pierre philosophale des alchimistes.

Voici maintenant des indications plus spécialisées. Dans un passage, notre auteur distingue le sel ammoniac volatil, qui est notre chlorhydrate d'ammoniaque, et le sel ammoniac tiré de terre, qui était un sel de soude fixé, et il ajoute qu'il en existe des montagnes en Chine (179). Cette dernière indication ne saurait remonter aux Égyptiens. Mais la première distinction était déjà connue des anciens (1).

Le temple et l'idole de Vénus (Hathor) figurent dans ces récits (p. 300) aussi bien que dans ceux des alchimistes arabes (2). Notre auteur ajoute que dans ce temple existait une fontaine, d'où coulait une eau qui guérissait tous les maux : c'est la panacée alchimique, ou élixir de longue vie du moyen âge. Or elle dérive du remède d'immortalité des anciens Égyptiens, liqueur inventée par Isis, mentionnée par Diodore de Sicile (3), et dont Galien donne la formule.

Deux choses me frappent dans ces renseignements : d'une part, les mentions relatives à l'Alchimie, qui se rapportent aux idées et connaissances des alchimistes grecs, c'est-à-dire à une période qui ne peut remonter au delà du III^e^ siècle avant notre ère; d'autre part, le nom du roi Markounos, dont le nom en grec est dérivé évidemment de Marcos. Ce personnage apparaît d'abord dans les textes alchimiques arabes; je l'ai retrouvé dans les traditions arabico-latines du Livre du Senior Hadith (*Theatrum Chemicum*, t. III, p. 15, 16, 114) et je l'ai rapproché de Marcus Græcus, auteur du *Liber ignium*, Ouvrage traduit de l'arabe, mais qui semble remonter à une source grecque (*Histoire de la Chimie du moyen âge*, t. I, p. 89). On y trouve reproduites des

(1) *Introduction à la Chimie des anciens et du moyen âge*, p. 237.
(2) *Voir* mon *Alchimie arabe*, p. 61.
(3) *Voir* mon *Histoire de la Chimie au moyen âge*, t. I, p. 144.

recettes de matières phosphorescentes, celle d'une lampe à niveau constant (perpétuelle), diverses autres, empruntées au Pseudo-Callisthène, et d'autres congénères de celles que j'ai relevées dans le présent article.

Dans cet ordre, je dois encore signaler l'indication dans l'*Abrégé des Merveilles* de certaines idoles incendiaires, formées de cuivre creux, remplies de goudron et vomissant le feu (p. 176). La mention du goudron témoigne, comme dans la plupart des légendes que j'ai citées, l'intervention de certaines données scientifiques. Mais la description de ces idoles rappelle d'une manière frappante celle de l'idole slave *Entpustend*, que j'ai décrite dans mon étude sur Papin (*Science et Morale*, p. 486). C'était une statue de bronze creuse, remplie d'eau et placée sur un brasier; elle était réputée vomir des flammes sur les ennemis des prêtres wendes de Perkunas. Il paraît que cette idole existe encore au château de Sondershausen. Sa construction initiale se rattachait sans doute à quelque tradition scientifique venue de Byzance.

Voici, pour terminer, un récit de l'*Abrégé des Merveilles* qui nous rapporte (p. 210) la tentative faite par le calife El-Mamoun, au IX^e^ siècle, pour rechercher dans les Pyramides les secrets des sciences qu'on y supposait cachés. Si je la relate, c'est parce qu'elle renferme la description méthodique des moyens employés par les anciens pour creuser des mines à travers les rochers. La pierre, dit notre auteur, fut d'abord calcinée à l'aide du feu, puis éclatée par une affusion de vinaigre, frappée avec des béliers, et les débris déblayés avec des pieux de fer. En fait, c'est le détail même des procédés, réputés à tort chimériques par des historiens ignorants, à l'aide desquels Annibal se fraya une route à travers les Alpes (1).

(1) *La Chimie au moyen âge*, t. I, p. 370.

DOCUMENTS.

I.

PAPYRUS DE LEYDE.

Le papyrus grec désigné par le chiffre X a été trouvé en Égypte, à Thèbes, au commencement du XIX^e^ siècle, et il se trouve actuellement au Musée de Leyde. Ce papyrus offre une importance capitale dans l'histoire de l'Alchimie. Il a été écrit vers la fin du III^e^ siècle. C'est le carnet d'un orfèvre, relatif à la fabrication des alliages utilisés dans sa profession : alliages dont plusieurs étaient destinés à imiter l'or, de façon à faire illusion; et même à le falsifier, avec la prétention de le reproduire exactement. Les pratiques qui y sont exposées sont les mêmes que celles du Pseudo-Démocrite et des alchimistes gréco-égyptiens, ainsi que je l'ai montré par la comparaison attentive des textes. Ces pratiques, aidées par certaines formules et incantations mystérieuses, étaient regardées par les opérateurs comme propres à réaliser la transmutation des métaux. Quoique ce papyrus soit jusqu'ici seul de son espèce parmi les milliers de documents découverts en Égypte depuis un siècle, le texte et les procédés qui y sont exposés ont eu une diffusion considérable dans l'empire romain et ils ont exercé une influence capitale sur l'évolution de l'Alchimie. En effet j'ai signalé la reproduction, souvent textuelle, d'un grand nombre d'entre eux dans des textes latins, les uns déjà publiés, les autres inédits et dont les plus anciens manuscrits (*Mappæ Clavicula* et *Compositiones ad tingenda*) remontent au temps de Charlemagne, c'est-à-dire environ aux débuts du IX^e^ siècle. Sur cette histoire et sur les commentaires mêmes du texte et explications du papyrus X de Leyde, je demande la permission de renvoyer le lecteur, curieux de connaître les origines de la Chimie et de l'Alchimie, à mon *Introduction à l'étude de la Chimie des anciens et du moyen âge*, page 3 à 73, et au premier Volume de mon histoire de *La Chimie au moyen âge*. Aussi

m'a-t-il semblé utile, pour compléter l'ensemble de mes publications sur cette histoire, de reproduire dans le présent Volume, à titre de document, le texte grec du Papyrus X de Leyde et la traduction que j'en ai faite. Je reproduirai ce texte, tel qu'il a été publié pour la première fois, à un petit nombre d'exemplaires, par le savant et regretté Leemans, avec les fautes d'orthographe et de grammaire du manuscrit; lesquelles ont aussi leur signification, au point de vue historique comme au point de vue technique. Je rappellerai qu'avant même cette publication de Leemans, j'avais imprimé plusieurs pages de ce manuscrit, d'après des photographies, à la fin de mon Volume intitulé : *Origines de l'Alchimie*. J'ai cru nécessaire de mettre en regard ma traduction, déjà imprimée séparément dans l'*Introduction à l'étude de la Chimie des anciens et du moyen âge*.

PAPYRUS X.

1. Μολίβου κάθαρσις καὶ σλήρωσις.

Χωνεύσας αὐτὸν, στυπτηρίαν σχιστὴν καὶ χάλκανθον λειαποίσας καὶ ἐνώσας, ἐπίπασσε καὶ ἔσται σκληρος.

2. Ἄλλη κασσιτέρου.

Μόλιβον καὶ κασίτερον λευκὲν καὶ ἑκαθερι πίσσα καὶ ἄσφαλτος· στερρόποιεῖ δὲ στυπτήρα καὶ ἅλας Καππαδοκικὸν καὶ μαγνησία ἐνπασάμενα.

3. Κασσιτέρου κάθερσις τοῦ βαλλομένου εἰς τὴν κρᾶσιν τοῦ ἀσήμου.

Λαβὼν κασσίτερον καθαρὸν ἀπὸ πάντων χώνευε, καὶ ἔασον ψυλῆναι, καὶ ἀλείψας ἔλεον, καὶ διεὶς πάλιν χώνευε, εἶτα τρίψας ἔλαιον καὶ ἄσφαλτον καὶ ἅλας, ἄλειψον, καὶ ἐκ τρίτου χώνευε, καὶ ἐὰν χωνευθῇ, ἀπόθου καθαρίος πλύνας· ἔσται γὰρ ὡς ἄργυρος σκληρός· ὅταν δὲ ἀντὶ ἀργυρωμάτων ἐργάζεσθαι θέλῃς, ἵνα λάθῃ καὶ ἔχῃ τὴν τοῦ ἀργύρου σκληρίαν, πρόσμισγε τοῖς τέτρασιν μέρεσιν τοῦ ἀργύρου μέρη γ', καὶ γενήσεται τὸ προκείμενον ὡς ἀργύρωμα.

4. Κασσιτέρου κάθαρσις.

Πίσσαν ὑγὰν καὶ ἄσφαλτον ἓν καθ' ἓν βαλὼν χώνευε καὶ κείνει· οἱ δὲ πίσσης ξηρᾶς Ζ κ' ἀσφάλτου Ζ ιβ'.

5. Ἀσήμου ποιήσεις.

Κασσιτέρου Ζ ιβ', ὑδραργύρου Ζ δ', γῆς Χείας Ζ β'· χενεύσας τὸν κασσίτερον ἐπέμβαλε τὴν γῆν τετριμμένην, εἶτα τὴν ὑδράργυρον, καὶ κείνει σειτήρῳ καὶ χρῷ.

TRADUCTION DU PAPYRUS X DE LEYDE.

1. *Purification et durcissement du plomb.*

« Fondez-le, répandez à la surface de l'alun lamelleux et de la couperose réduits en poudre fine et mélangés, et il durcira. »

2. *Autre (purification) de l'étain.*

« Le plomb et l'étain blanc sont aussi purifiés par la poix et le bitume. Ils sont rendus solides par l'alun et le sel de Cappadoce, et la pierre de Magnésie (1), jetée à leur surface. »

3. *Purification de l'étain que l'on jette dans le mélange de l'asèm* (2).

« Prenez de l'étain purifié de toute autre substance, fondez-le, laissez-le refroidir; après l'avoir recouvert d'huile et bien mélangé, fondez-le de nouveau; ensuite ayant broyé ensemble de l'huile, du bitume et du sel, frottez-en le métal, et fondez une troisième fois; après fusion, mettez à part l'étain après l'avoir purifié par lavage; car il sera comme de l'argent durci. Lorsque vous voudrez l'employer dans la fabrication des objets d'argent, de telle sorte qu'on ne le reconnaisse pas et qu'il ait la dureté de l'argent, mêlez 4 parties d'argent, 3 parties d'étain, et le produit deviendra comme un objet d'argent. »

C'est la fabrication d'un alliage d'argent et d'étain, destiné à simuler l'argent; ou plutôt un procédé pour doubler le poids du premier métal.

4. *Purification de l'étain.*

« Poix liquide et bitume, une partie de chaque; jetez (sur l'étain), fondez, agitez. Poix sèche, 20 drachmes; bitume, 12 drachmes. »

5. *Fabrication de l'asèm.*

« Étain, 12 drachmes; mercure, 4 drachmes; terre de Chio (3), 2 drachmes. A l'étain fondu, ajoutez la terre broyée, puis le mercure, agitez avec du fer, et mettez en œuvre (le produit). »

---

(1) Ce n'est pas notre magnésie, mais l'oxyde magnétique de fer, ou quelque autre minerai noir, roux (pyrite) ou blanc, venant des villes ou provinces qui portaient le nom de Magnésie (*voir* PLINE, *H. N.*, t. XXXVII, p. 25). Chez les alchimistes le sens du mot s'est encore étendu.

(2) *Asèm* désignait divers alliages destinés à imiter l'or et l'argent.

(3) Sorte d'argile. — DIOSC., *Mat. méd.*, t. V, 173. — PLINE, *H. N.*, t. XXXV, p. 56.

6. Ἀσήμου δίπλωσις.

Ἡ δὲ δίπλωσις τοῦ ἀσήμου γείνεται οὕτος τοῦ ἐξιωμένου χαλκοῦ ∠ μ′, καὶ ἀσήμου ∠ η′, καὶ κασσιτέρου βούλλης ∠ μ′· χωνεύεται δὲ πρῶτος ὁ χαλκὸς, καὶ μετὰ δύο πυρώσεις ὁ κασσίτερος, εἶτα ὁ ἄσημος, εἶτα, ὅταν ἀμφότερα μαλακὰ γένηται, ἀνωχώνευε πολλάκεις, καὶ κατάψυγε τῷ προειρημμένῳ σκευάσματι· εἶτα πλατήνας ταῖς αὐταῖς οἰκονομείαις ἀνάσμηχε τῷ κουφολίθῳ. Καὶ τρίπλωσις γείνεται ταῖς αυταῖς οἰκονομείαις, καταμεριζομέναις ταῖς ὁλκαῖς ἴσως, ὡς προείρηται.

7. Ἀνέγκλειπτος μάζα.

Ἡ δὲ ἀνέγλειπτος μάζα κατασκευάζεται οὕτος πάλιν ταῖς αὐταῖς ὀκονομείαις, ταῖς τῆς διπλώσεως, ἐπὰν δὲ ἄραι θέλῃς ἀπὸ τῆς μάζης ∠ η′, ἀποκόψας ἀναχώνευσον τὰς ἴσας ἀσήμου ∠ δ′, καὶ χωνεύων τρίς, καὶ πάλιν, παῖ τα ψύχων, ἀποτίθου εἰς τὸ κουφόλιθο.

8. Ἀσήμου ποίησις.

Λαβὼν κασσίτερον λεπτὸν καὶ μαλακὸν, κάθαρον τετράκει, καὶ λαβὼν αὐτοῦ μέρη δ′, καὶ χαλκοῦ λευκὸν, καθαροῦ μέρη καὶ γ′, καὶ ἀσήμου μέρος α′, χώνευε· καὶ ὅταν χωνευθῇ σμήχε πλειτάκεις καὶ σκεύζε ὅ θέλεις, ἔσται πρῶτον ἄσημον, ὥστε καὶ τοὺς τεχινίταις λαθεῖν,

9. Ἀσήμου χυτοῦ ποίησεις.

Χαλκοῦ Κυπρίου μνᾶ ∠ —, κασσιτέρου ἱμάντος μνᾶ α′, μαγνησίας ∠ ϛί, ὑδραργύρου ∠ η′· πάρου κ′· χωνεύσας τὸν χαλκὸν ἐπέμβαλλε τὸν κασσίτερον μετὰ δὲ λεῖαν τὴν μαγηδίαν, εἶτα τὴν πάρον ὑστέραν τὴν ὑδράργυρον, καὶ κείνει σεδήρω, καὶ ἀπόχεε εἰς τόπον.

6. *Doublement de l'asèm* (1).

« Voici comment on opère le doublement de l'asèm.

On prend : cuivre affiné, 40 drachmes; asèm, 8 drachmes; étain en bouton, 40 drachmes; on fond d'abord le cuivre et, après deux chauffes, l'étain; ensuite l'asèm. Lorsque tous deux sont ramollis, refondez à plusieurs reprises et refroidissez au moyen de la composition précédente (2). Après avoir augmenté le métal par de tels procédés, nettoyez-le avec le coupholithe (3). Le *triplement* s'effectue par les mêmes procédés, les poids étant répartis conformément à ce qui a été dit plus haut. »

C'est un bronze blanc amalgamé, analogue à certain métal de cloche.

7. *Masse inépuisable (ou perpétuelle).*

« Elle se prépare par les procédés définis dans le doublement de l'asèm. Si vous voulez prélever sur la masse 8 drachmes, séparez-les et refondez 4 drachmes de ce même asèm; fondez-les trois fois et répétez, puis refroidissez et mettez-les en réserve dans le coupholithe. »

Voir aussi recette 60.

Il y a là l'idée d'un ferment, destiné à concourir à la multiplication de la matière métallique.

8. *Fabrication de l'asèm.*

« Prenez de l'étain en petits morceaux et mou, quatre fois purifié; prenez-en 4 parties et 3 parties de cuivre blanc pur et 1 partie d'asèm. Fondez, et, après la fonte, nettoyez à plusieurs reprises, et fabriquez avec ce que vous voudrez : ce sera de l'asèm de première qualité, qui trompera même les ouvriers. »

Alliage blanc, analogue aux précédents; avec intention de fraude.

9. *Fabrication de l'asèm fusible.*

« Cuivre de Chypre, 1 mine; étain en baguettes, 1 mine; pierre de Magnésie, 16 drachmes; mercure, 8 drachmes? pierre de Poros (4), 20 drachmes. »

« Ayant fondu le cuivre, jetez-y l'étain, puis la pierre de Magnésie en poudre, puis la pierre de Poros, enfin le mercure; agitez avec du fer et versez au moment voulu. »

Alliage analogue, avec addition de mercure.

---

(1) Je rappellerai ici que cette mention du doublement de l'or se trouve déjà dans Manilius, auteur d'un poème astrologique, du temps de Tibère (*Les origines de l'Alchimie*, p. 70).

(2) Amalgame d'étain décrit dans l'article 5.

(3) Talc ou sélénite.

(4) Pline, *H. N.*, t. XXXVI, p. 28. Pierre blanche et dure, assimilée au marbre de Paros.

10. Ἄσημον δίπλωσις.

Λαβὼν χαλκὸν Κύπριον ἐξίωσον, καὶ ἐπίβαλλε ἁλὸς ἀμωνικοῦ τὰς ἴσας Ζ δ′, στυπτηρίας Ζ δ′, χωνεύσας μίσγε ἴσον ἄσημον.

11. Ἀσήμου ποίησις.

Μόλιβον καθάρισον πήσῃ καὶ ἀσφάλτῳ ἐπιμελῶς, εἰμὶ κασσίτερον, καὶ μίσγε καδμεία. λιθάργυρον, ἴσον τῷ μολίβῳ καὶ κίνι ἕως καταμιγῇ, καὶ σκλύρην· οὕτω κρῶ μ ἀσήμῳ φυσικῷ.

12. Ἀσήμου ποίησις.

Λαβὼν τὰ ἀποκόμματα τῶν πετάλων; κατάβαψον ὄκξει, καὶ λευκὴ στυπτηρία σχιστὴν, καὶ ἅφες βρεέχεσθαι ἡμέρας ζ′, καὶ τόδε χώνευε τῷ τετάρτῳ χαλκοῦ, γῆς Χίας η′, καὶ ἀσημίας Ζ η′, καὶ ἁλὸς Καππδοκειοῦ Ζ α′, στυπτηρίας σχιστῆς Ζ α′· μίξας χώνευε, ἐπιβάλλων ἀτράμεντον.

13. Ποίησις κράσεως.

Χαλκοῦ Γαλατικοῦ Ζ η′, κασσιτέρου ἱμάντος Ζ ιβ′, μαγνήσις Ζ Ϛ′, ὑδραργύρου Ζ ι′, ἀσήμου Ζ έ.

14. Ποίησις κράμμα τινου σκεῦος· χαλκοῦ μνᾶ α′· χωνεύσας ἐπέμβαλε κασσιτέρου βούλλης μνᾶ β′, καὶ οὕτος ἐργάζου.

15. Χρυσίου χρῶσις.

Χρυσίον χροίσαι, ὥστε γενέσθαι χρηστόν. Μίσυ, καὶ ἁλὰς, καὶ ὄξος ἀπὸ καθάρσεως χρυσίου

10. *Doublement de l'asèm.*

« Prenez du cuivre de Chypre affiné, jetez dessus parties égales, c'est-à-dire 4 drachmes de sel d'Ammon (1) et 4 drachmes d'alun; fondez et ajoutez parties égales d'asèm. »

Bronze enrichi en cuivre.

11. *Fabrication de l'asèm.*

« Purifiez avec soin le plomb avec la poix et le bitume, ou bien l'étain; et mêlez la cadmie et la litharge, à parties égales, avec le plomb, et remuez jusqu'à mélange parfait et solidification. On s'en sert comme de l'asèm naturel (2). »

Alliage complexe renfermant du plomb, ou de l'étain, et du zinc.

12. *Fabrication de l'asèm.*

« Prenez les rognures (3) des feuilles (métalliques), trempez dans le vinaigre et l'alun blanc lamelleux et laissez-les mouillées pendant sept jours, et alors fondez avec le quart de cuivre 8 drachmes de terre de Chio (4), et 8 drachmes de terre asémienne (5), et 1 drachme de sel de Cappadoce, plus alun lamelleux, 1 drachme; mêlez, fondez, et jetez du noir à la surface. »

13. *Fabrication du mélange.*

« Cuivre de Gaule (6), 8 drachmes; étain en baguettes, 12 drachmes; pierre de Magnésie, 6 drachmes; mercure, 10 drachmes; asèm, 5 drachmes. »

14. *Fabrication du mélange pour une préparation.*

« Cuivre, 1 mine (poids), fondez et jetez-y 1 mine d'étain en boutons et travaillez ainsi. »

15. *Coloration de l'or.*

« Colorer l'or pour le rendre bon pour l'usage. Misy et sel et vinaigre provenant de

(1) Ce mot a changé de sens. A la fin du moyen âge il signifiait notre chlorhydrate d'ammoniaque; mais à l'origine il s'appliquait à un sel fossile qui se développait par efflorescence, sel analogue au natron (PLINE, *H. N.*, t. XXXI, p. 39). On y reviendra dans le présent Ouvrage.

(2) L'asèm naturel est l'électrum, alliage d'or et d'argent, χρυσὸς λευκὸς d'Hérodote. Voir *Origines de l'Alchimie*, p. 215.

(3) La nature du métal qui fournit les rognures n'est pas indiquée : est-ce de l'argent, ou de l'asèm précédent?

(4) Sorte de terre argileuse. *Voir* recette 5.

(5) Est-ce un minerai d'asèm? ou plutôt la terre argileuse de Samos? PLINE, *H. N.*, t. XXXV, p. 53, et t. XXXVI, p. 40. — DIOSC., *Mat. méd.*, t. V, p. 171-172.

(6) *Voir* PLINE, *H. N.*, t. XXXIV, p. 20.

συγκέρασαι πάντα, καὶ ἔμβαλιν εἰς ἃ τὸ προγεγραμμένον χρυσίον εἰς τὰ φάρμακα, καὶ βάλε, καὶ αἶα ἐπὶ κρόνον τινά, καὶ ἄρας ἐκ τοῦ ἀγγείου διαθέρμενε ἐπ' ἀνθράκων, καὶ πάλιν ἔμβαλε αὐτὸ εἰς τὸ ἀγγεῖον, οὗ ἐστιν τὸ φάρμακον τὸ προγεγραμμένον, πλεονάκις δὲ τοῦτο ποίει, ἕως γένηται χρηστόν.

16. Χρυσίου πλεανεσμός.

Χρυσίον πλῖον ποιῆσαι. Λαβὼν καδμίαν Θρακικὴν πλακώδη μεῖζον ἢ Καλακτικήν.

17. Χρυσοῦ δόλος.

Μίσυ καὶ σινωπίδος ἴσον ἴσῳ τῷ χρυσίῳ· ἐπεμβληθῇς χρυσὸς εἰς χάμεινον, καὶ γένηται ἴλαρὸς· ἔμπασσε ἐξ ἑκάστου, καὶ ἐξεών αἶα ψυγῆναι, καὶ γίνεται ὁ χρυσὸς διπλοῦς.

18. Ἀσήμου ποίησις.

Κασσιτέρου μνᾶς δέκατον, χαλκοῦ Κυπρίου ἑκκαιδέκατον, μαγνησίας γῆς τριακοστόδυον. ὑδραργύρου στατῆρας β'· χωνεύσας τὸν χαλκὸν, πρῶτον βάλε τὸν κασσίτερον, εἶτα τὴν μαγνησίαν· εἶτα τὰ αὐτὰ χωνεύσας ἐπίβαλλε ἀσήμου καλοῦ λευκοῦ τὸ ὄγδοον, προσαναλογον· εἶθ' ὅταν μειχθῇ καὶ ἤδη πρὸς τῷ ψύχεσθαι ἢ συγχωνεύειν, τότε τὴν ὑδράργυρον ἐσχάτην.

la purification de l'or; mêlez le tout et jetez dans le vase (qui renferme) l'or décrit dans la préparation précédente; laissez quelque temps et, ayant ôté (l'or) du vase, chauffez-le sur des charbons; puis de nouveau jetez-le dans le vase qui renferme la préparation susdite; faites cela plusieurs fois, jusqu'à ce qu'il devienne bon pour l'usage. »

C'est une recette d'affinage, qui s'en réfère à une préparation décrite dans un autre papyrus (V); ce qui montre que le papyrus alchimique X et le papyrus magique V se faisaient suite et ont été composés par un même écrivain.

16. *Augmentation de l'or.*

« Pour augmenter l'or, prenez de la cadmie de Thrace, faites le mélange avec la cadmie en croûtes (1), ou celle de Gaule. »

Cette phrase est le commencement d'une recette plus étendue; car elle doit être complétée par la suivante, qui en est la suite : le second titre *Fraude de l'or* étant probablement une glose, qui a passé dans le texte, par l'erreur du copiste.

17. *Fraude de l'or.*

« Misy et rouge de Sinope (2) parties égales pour une partie d'or. Après qu'on aura jeté l'or dans le fourneau et qu'il sera devenu d'une belle teinte, jetez-y ces deux ingrédients et, enlevant (l'or), laissez refroidir, et l'or est doublé. »

La cadmie en croûtes, c'est-à-dire la portion la moins volatile des oxydes métalliques condensés aux parois des fourneaux de fusion du cuivre, renfermait, à côté de l'oxyde de zinc, des oxydes de cuivre et de plomb. On devait employer en outre quelque corps réducteur, omis dans la recette. Le tout formait un alliage d'or et de plomb, avec du cuivre et peut-être du zinc. C'était donc en somme une falsification, comme la glose l'indique.

18. *Fabrication de l'asèm.*

« Étain, un dixième de mine; cuivre de Chypre, un seizième de mine; minerai de Magnésie, un trente-deuxième; mercure, deux statères (poids). Fondez le cuivre, jetez-y d'abord l'étain, puis la pierre de Magnésie; puis, ayant fondu ces matières, ajoutez-y un huitième de bel asèm blanc, de nature conforme. Puis, lorsque le mélange a eu lieu et au moment de refroidir, ou de refondre ensemble, ajoutez alors le mercure en dernier lieu. »

---

(1) Sur les diverses variétés de cadmie, *voir* DIOSCORIDE, *Matière médicale*, t. V, p. 84; PLINE, *H. N.*, t. XXXIV, p. 22.

(2) Ce mot a eu plusieurs sens : vermillon, minium, rouge d'oxyde de fer. Dans Dioscoride, t. V, p. 111, il semble indiquer une ocre rouge; car il est indiqué comme un remède susceptible d'être pris à l'intérieur. De même dans PLINE, *H. N.*, t. XXXV, p. 13. Ici ce serait, semble-t-il, du minium, lequel fournirait du plomb à l'alliage.

19. Ἄλλη.

Χαλκοῦ Κυπρίου στατῆρας δ', γῆς ἀμίας στατῆρας δ', στυπτηρίας σχιστῆς στατῆρας δ', ἁλὸς τοῦ κοινοῦ στατῆρας β', ἀσήμου ἀδραμέντου στατῆρας β', ἐὰν δὲ κάλλιον ποιῆσαι θέλῃς, στατῆρας δ'· χωνεύσας τὸν χαλκὸν ἐπίπασσε τὴν Χιαν, καὶ τὴν στυπτηρίαν τὴν σχιστὴν, συνλελεασμένα, καὶ κεῖνι ἕως μιγῇ, καὶ τόδε τὸν ἄσημον χωνεύσας κατάχεον τα τα, προκεχωνευόμενον συνμινξας γινιπηρίῳ, καὶ μιγῇ ἄρον, ὅταν δὲ μέλλῃς ἐλαύνειν αὐτω, πυρώσας αὐτὸ κατάσβεσον εἰς στυπ τηρίαν σχιστὴν, καὶ ἁλὰς, ἴσον ἴσῳ μεθ' ὕδατος γλυώδου, πάσχος λεπτότερον καὶ ἔαν συντέλεσθαι τὸ ἔργον, πάλι κατάβαψον εἰς τὸ προκείμενον, πύρου δε εἶνα λευκότερον γένηται, τὸν δὲ χαλκὸν ἔχε προκεκαθαρμένον· πυρόσας γὰρ αὐτὸν ἐν ἀρχῇ ἀποψόφισον, ἕως ἂν ἀποβαλῇ τὴν λεπίτα, καὶ καθαρὸς γένηται, καὶ τότε χρῶ, ὡς προγέγραπτε, τὴν Σαμείαν συνχωνεύων.

20. Ἄλλη.

Λάβε στατῆρα Πτολεμαϊκὸν, ἔχουσι γὰρ τῇ κράσι χαλκὸν, καὶ κατάβαψον· ἔστιν δὲ ἡ κρᾶσις τῆς καταβαφῆς, στυπτηρίας σχιστῆς, ἁλὸς κοινοῦ, ἐν ὄξει βαφικῷ, κλοιοῦ πάχος· καταβάψας καὶ ὡταν ἐκτροχιστῇ χωνευώμενον, καὶ μιγῇ εἰς τοῦτο πύρασον, εἶτα κατάβαψον, εἶτα ἔλασον, εἶτα πύρασον.

20 *bis*. Ἔστιν δὲ ἡ κρᾶσις τῆς καταβαφῆ· στυπτηρίας σχιστῆς, ἁλὸς κοινοῦ, ἐν ὄξει φαφικῷ, κλοιοῦ πάχος· καταβάψας εἰς τοῦτο, πύρωσον, εἶτα κατάβαψον, εἶτα ἔλασον, εἶτα πύρωσον, ἕως τετράκις ἢ κε πλεονάκις καθ' ἑκάστην πύρωσιν κατάβαπτον, γείνεται τοῦτο ἀδραμέντου κρισσονος· ὡ δὲ πλεονάκεις πυρῶν καταβάπτεις, τοσαυτάκεις κάλλειον γειναιται.

21. Ἀσήμου σκληροῦ ἴασις.

Ὡς δεῖ τὸν σκληρὸν ἄσημον καὶ μέλανα ἁπαλὸν γενέσθαι, καὶ ἔκλευκον· λαβὼν κεικέων φύλα

19. *Autre* (*formule*).

« Cuivre de Chypre, 4 statères; terre de Samos, 4 statères; alun lamelleux, 4 statères; sel commun, 2 statères; asème noirci, 2 statères, ou, si vous voulez faire plus beau, 4 statères. Ayant fondu le cuivre, répandez dessus la terre de Chio et l'alun lamelleux broyés ensemble, remuez de façon à mélanger; et, ayant fondu cet asèm, coulez. Ayant mêlé ce qui vient d'être fondu avec du (bois de) genièvre, enlevez; avant de l'ôter, après avoir chauffé, éteignez le produit dans l'alun lamelleux et le sel, pris à parties égales, avec de l'eau visqueuse; épaississement minime; et, si vous voulez terminer le travail, trempez de nouveau dans le mélange susdit; chauffez, afin que (le métal) devienne plus blanc. Ayez soin d'employer du cuivre affiné d'avance; l'ayant chauffé au commencement et soumis à l'action du soufflet, jusqu'à ce qu'il ait rejeté son écaille et soit devenu pur; et alors employez-le, comme il vient d'être écrit. »

C'est encore un procédé d'alliage, mais pour lequel on augmente la proportion du cuivre dans l'asèm déjà préparé : ce qui devait rapprocher le bronze obtenu de la couleur de l'or.

20. *Autre* (*formule*).

« Prenez un statère Ptolémaïque (1); car ils renferment dans leur composition du cuivre, et trempez-le; or la composition du liquide pour tremper est celle-ci : alun lamelleux, sel commun dans le vinaigre pour trempe; épaississement visqueux. Après avoir trempé et lorsque le métal fondu aura été nettoyé et mêlé avec cette composition, chauffez, puis trempez, puis enlevez, puis chauffez. »

20 *bis* (*sans titre*).

« Voici la composition du liquide pour tremper : alun lamelleux, sel commun dans le vinaigre pour trempe, épaississement visqueux; ayant trempé dans cette mixture, chauffez, puis trempez, puis enlevez, puis chauffez; quand vous aurez trempé quatre fois ou davantage, en chauffant chaque fois auparavant, le (métal) deviendra supérieur à l'asèm noirci. Plus nombreux seront les traitements, chauffes et trempes, plus il s'améliorera. »

Ce sont des formules de décapage et d'affinage, dans lesquelles n'entre aucun métal nouveau. Il semble que, dans ceci, il s'agisse soit de rehausser la teinte, comme on le fait en orfèvrerie, même de notre temps; soit de faire passer une monnaie riche en cuivre pour une monnaie d'argent, en dissolvant le cuivre à la surface.

En effet, les orfèvres emploient aujourd'hui diverses recettes analogues pour donner à l'or une belle teinte.

21. *Traitement de l'asèm dur.*

« Comme il convient de faire pour changer l'asèm dur et noir en (un métal) mou

(1) Il s'agit ici d'une monnaie.

βρέξον ει ὕδωρ ἐφ' ἡμέραν, εἶτα βρέξον, πρὸ τοῦ σε χωνεῦσαι, εἰς τὼ ὕδωρ, καὶ ἐπχώνευε δὶς, καὶ ἔκμαξον ἀφωνίτρῳ, καὶ ἔμβαλω εἰς τὸ βάμμα στυπτηρίαν ἐπὶ τοῦ χωνεύματος, χρῶ· κρατεῖ τὴν δύναμιν, ἔστιν γὰρ καλή.

22. Ἄλλη.

Ἐπὶ παντὸς ἀσήμου σαπροῦ βοήθια· λαβὼν ἄχυρα καὶ βύνι καὶ ἄγριον πήγανον, βρέξας ἔξει. ἐπίχει καὶ ἅλας, ἄνθρακας· ταῦτά τε εἰς τὴν κάμεινον βάλε, φύσα δὲ ἐπιπλέον, καὶ ἔα ψυγῆναι.

23. Χαλκοῦ λεύκοσις.

Χαλκὸν λευκὸν ποιῆσαι, ὥστε μειγέσθαι ἀσήμῳ, ἴσον ἴσῳ, καὶ ἀνένκλητον εἶναι· λαβὼν χαλκὸν Κύπριον, χεύνευσον, βαλὼν εἰς τὴν μνᾶν σανδαράχης, τῆς σαπρᾶς, τῆς σιδηριζούσης ∠ β′, καὶ στυπτηρίας σχιστῆς ∠ ε′, καὶ χώνευε. Τῇ δευτέρᾳ χωνεύσει βάλλεται κηροῦ Ποντικοῦ ∠ δ′, εἰ μή, καὶ πυροῦται καὶ ῥήσσεται.

24. Κασσιτέρου σκλήρωσις.

Κασσίτερον σκληρὸν ποιῆσαι. Στυπτηρίαν σχιστὴν καὶ χάλκανθον ἐπίπασσε καθ' ἓν, ἐὰν δὲ προκαθάρῃς τὸν κασσίτερον ὡς δεῖ, καὶ χρήσῃ τοῖς προκειμένοις, ὥστε αὐτῶν πυρούμενον μὴ ῥεῖν, ἕξεις ἄσημον Αἰγύπτιον εἰς σκευῶν κατασκευήν.

25. Κατάχρισις χρυσοῦ.

Κατάχριστον χρυσοῦ· ἄλλη, διακάθαρσις λαμπρότητος χρησοῦ· μίσυος μέρη δ′, στυπτηρίας μέρη δ′, ἁλὸς μέρη δ′, τρίβε μεθ' ὕδατος, καταχρισας τὸν χρυσὸν ἔμβαλε εἰς κάμινον ἐν κεραμέῳ ἀγγείῳ, περιπεπηλομένῳ, ἀχρὶ ἀναλωθῇ τὰ προειρημένα φάρμακα, καὶ ἐξελὼν ἔκπλυνε ἐπιμελέστατα.

26. Ἀργύρου κάθαρσις.

Πᾶσάν τις ἄργυρον καθάριεν κὰ λαμπρὸν εἶναι· Λαβὼν μέρος α′ τοῦ ἀργύρου, καὶ τὸ ἴσον

et blanc. Prenant des feuilles de ricin, faites infuser dans l'eau un jour; puis mouillez dans l'eau avant de fondre et fondez deux fois et aspergez avec l'aphronitron (1). Et jetez dans la fonte de l'alun; employez. Il possède la qualité, car il est beau. »

22. *Autre (formule).*

« Secours pour tout *asèm* gâté. Prenant de la paille et de l'orge et de la rue sauvage, infusez dans le vinaigre, versez-y du sel et des charbons; jetez le tout dans le fourneau, soufflez longtemps et laissez refroidir. »

Ce sont des procédés d'affinage d'un métal oxydé ou sulfuré à la surface.

23. *Blanchiment du cuivre.*

« Pour blanchir le cuivre, afin de le mêler à l'asèm à parties égales, sans qu'on puisse le reconnaître. Prenant du cuivre de Chypre, fondez-le, jetant dessus 1 mine de sandaraque décomposée (2), 2 drachmes de sandaraque couleur de fer, 5 drachmes d'alun lamelleux, et fondez. Dans la seconde fonte, on jette 4 drachmes de cire du Pont, ou moins; on chauffe et l'on coule. »

C'est ici une falsification, par laquelle le cuivre est teint au moyen de l'arsenic. La recette est fort voisine de celle des alchimistes. — On prépare aujourd'hui par un procédé analogue (avec le concours du flux noir) le cuivre blanc ou *tombac blanc*.

24. *Durcissement de l'étain.*

« Pour durcir l'étain, répandez séparément (à sa surface) l'alun lamelleux et la couperose; si en outre vous avez purifié l'étain comme il faut et employé les matières dites précédemment, de sorte qu'il ne leur échappe pas en s'écoulant pendant la chauffe, vous aurez l'asèm égyptien pour la fabrication des objets (orfèvrerie). »

25. *Enduit d'or.*

« Pour enduire l'or, autrement dit pour purifier l'or et le rendre brillant : misy, 4 parties; alun, 4 parties; sel, 4 parties. Broyez avec l'eau. Et ayant enduit l'or, placez-le dans un vase de terre déposé dans un fourneau et luté avec de la terre glaise, jusqu'à ce que les matières susdites aient été fondues (3), retirez-le et nettoyez avec soin. »

26. *Purification de l'argent.*

« Comment on purifie l'argent et on le rend brillant. Prenez une partie d'argent et

(1) Peut-être s'agit-il ici de notre salpêtre? *Voir* DIOSCORIDE, *Matière médicale*, t. V, p. 131. Le mot d'*aphronitron* désignait des efflorescences salines de composition fort diverse.

(2) Sulfure d'arsenic grillé?

(3) Ou plutôt, jusqu'à ce que le fondant ait été en quelque sorte absorbé par le vase, ou complètement évaporé.

μολίβου, χαλάσας εἰς κάμεινον τῆκε ἄχρι ἂν ὁ μόλιβος ἀναλωθῇ, καὶ τοῦτο πολλάκεις ποι, ἄχρι λαμπρὸς γένηται.

27. Ἀργύρου χρῶσις.

Τὰ χαλκᾶ ἀργυρᾶ ποιῆσαι· κασσιτέρου ἱμάντος Ζ β', ὑδραργύρου Ζ δ', γῆς Χίας Ζ β'· Χώνευσον τὸν κσσιτερον, ἔμβαλλε τὴν γλν τετριμμένην, ἔπιτα τὴν ὑδράγυρον, καὶ ἀναγείνει σειδήρῳ, καὶ ἀνάπλασσε σφαιρία.

28. Χαλκοῦ χρυσοφανοῦς ποίησις.

Κύμεινον τρίψας, καὶ παράχες ὕδωρ, καὶ συνλεάνας ἔασον ὑποστῆναι ἡμέρας γ', τῇ δὲ δ' ἀνατρράξας ἐπίχρισον, ἐαν θέλῃς πρόςμισγε χρυσοκόλλαν, καὶ φανήσεται χρυσός.

29. Ἀσήμου χυτοῦ ποίησις.

Χαλκοῦ πρίου μέρος α', κασσιτέρου μέρος α', μαγνησίας μέρη β', πάρου ὠμοῦ λελιοτριβημένου μέρος Ζ· πρῶν χωνεύεται ὁ χαλκὸς, εἶτα ὁ κασσίτερος, εἶτα ἡ μαγνησία, εἶτα ἐπιβάλεται λεῖος ὁ πάρος, καὶ κείνεις σιδήρῳ καὶ ἀποδίδωσι τὸν χῶνον.

30. Ἀσήμου ποίησις.

Κασσιτέρου κο α', χαλκοῦ Γαλατικοῦ κο Ζ, προχώνευε τὸν χαλκὸν, εἶτα τὸν κασσίτερον, κεῖνον ἅμα σιδήρῳ, καὶ ἔμβαλε τὴν πίσσαν τὴν ξηρὰν, ἕως κοπιάσῃ· εἶτα ἀπόχεε, καὶ πάλιν χώνευε, τῇ στηπτηρίᾳ χρώμενος τῇ σχίστῃ, ὥς καὶ τῇ πίσσῃ, καὶ τότε ἐπίχεε· ἐὰν δὲ βούλῃ τὸν κασσίτερον πρῶτον χωνεύειν, ῥείνημα τοῦ πρώτου προκειμένου χαλκοῦ, καὶ τῇ αὐτῇ συσταθμίᾳ, καὶ τῇ αὐτῇ ἀγωγῇ ἀκολούθει.

31. Χρυσοκόλλου σκευσεία.

Τὸ δὲ χρυσόκολλον σκευάζεται οὕτως· χαλκοῦ Κυπρίου μέρη δ', ἀσήμου μέρη β', χρυσίου μέρος α'· χωνεύεται πρῶτος ὁ χαλκὸς, εἶτα ὁ ἄσημος, εἶτα τὸ χρυσίον.

un poids égal de plomb; mettez dans un fourneau, maintenez fondu jusqu'à ce que le plomb ait été consumé; répétez l'opération plusieurs fois, jusqu'à ce qu'il devienne brillant. »

C'est une coupellation incomplètement décrite.
Strabon signale déjà cette méthode.

27. *Coloration en argent.*

« Pour argenter les objets de cuivre : étain en baguettes, 2 drachmes; mercure, 2 drachmes; terre de Chio, 2 drachmes. Fondez l'étain, jetez dessus la terre broyée, puis le mercure, et remuez avec du fer et façonnez en globules. »

C'est la fabrication d'un amalgame d'étain, destiné à blanchir le cuivre.

28. *Fabrication du cuivre pareil à l'or.*

« Broyez du cumin : versez-y de l'eau, délayez, laissez en contact pendant 3 jours. Le quatrième jour, secouez et, si vous voulez vous en servir comme enduit, mêlez-y de la chrysocolle (1); et l'or paraîtra. »

C'est un vernis.

29. *Fabrication de l'asèm fusible.*

« Cuivre de Chypre, 1 partie; étain, 1 partie; pierre de Magnésie, 1 partie; pierre de Paros brute broyée finement.... D'abord on fond le cuivre, puis l'étain, puis la pierre de Magnésie (2); ensuite on y jette la pierre de Paros pulvérisée; on remue avec du fer et l'on exécute l'opération du creuset. »

30. *Fabrication de l'asèm.*

« Étain, une mesure; cuivre de Gaule, une demi-mesure. Fondez d'abord le cuivre, puis l'étain, remuez avec du fer, et jetez dessus la poix sèche, jusqu'à saturation; ensuite versez, refondez, en employant de l'alun lamelleux, à la façon de la poix; et alors versez. Si vous voulez fondre d'abord l'étain, puis la limaille de cuivre ci-dessus, suivez la même proportion et la même marche. »

31. *Préparation de la chrysocolle* (3).

« La soudure d'or se prépare ainsi : cuivre de Chypre, 4 parties; asèm, 2 parties; or, 1 partie. On fond d'abord le cuivre, puis l'asèm, ensuite l'or. »

---

(1) Soudure d'or. *Voir* la recette 31.
(2) Ceci semble indiquer un oxyde de fer (?).
(3) Soudure d'or.

32. Κασσίτερον γνῶναι εἰ δεδόλωται.

Χωνεύσας αὐτὸν ὑπόστρωσον χάρτην καὶ ἔνχεον ἐὰν κατακάῃς, χάρτης μόλιβον ἔχει.

33. Κόλλης χρυσοχοϊκῆς ποίησις.

Ὡς δεῖ χρυσοχοϊκὴν κόλλαν ποιῆσαι εἰς χρυσίον. χρυσίου μέρη β′, χαλκοῦ μέρος α′, χνεῦσον, λεῖαν· ὅταν δὲ θέλῃς ἱλαρὸν γενέσθαι, συνχώνευσον ἀργύρου βραχύ.

34. Χρυσογραφία.

Χρυσᾶ γράμματα γράφειν· λαβὼν ὑδράγυρον ἔκχεον εἰς ἄγγος καθάρειον, καὶ συνέμβαλε εἰς αὐτὸ χρυσοῦν πέταλον· ὁτα δὲ δοξῇ συντετηκέναι τὸ χρυσίον εἰς τὴν ὑδράρκυρον, κείνησον ὡς μάλιστα, συνέμβαλε κόμοις μικρὸν ὡς ἂν κένχρον, καὶ οὕτος ἐάσας καταστῆναι γράφε χρυσᾶ γράμματα.

35. Ἄλλη.

Λιθαργύρου χρυσίτιδος μέρος α′, ατυπτηρίας μέρη β′.

36. Ἄσημον μέανα ποιῆσαι ὡς ὀψειανόν.

Ἀσήμου μέρη β′, μολίβου μέρη δ′, ἐπιθεὶς ἐπ' ὄστρακον κενὸν, ἐπέμβαλε θεῖον ἄπυρον τριπλοῦν, καὶ εἰσενέγκας εἰς τὴν κάμινον, χώνευε, καὶ ἐξενέγκας ἔλαυνε, καὶ ποίει ὃ θέλεις· ἐὰν δὲ ἐλαστὸν, ἐάν τε χυτὸν ζώδιον θέλῃς ποιῆσαι, καὶ τότε ῥεῖνα καὶ κόλαπτε· ἔστιν δὲ ἀνείωτον.

37. Ἀσήμου ποίησις.

Κασιτέρου χρηστοῦ μέρος α′ χώνευσον, καὶ προσέμβαλε πίσσης ξηρᾶς τὸ τρίτον μέρος τοῦ

32. *Reconnaître la pureté de l'étain.*

« Après avoir fondu, mettez du papier au-dessous et versez : si le papier brûle, l'étain contient du plomb. »

Ce procédé repose sur le fait que l'étain fond à une température plus basse que le plomb, température incapable de carboniser le papier.

Pline donne un procédé analogue (*H. N.*, t. XXXIV, p. 48). On exécute encore aujourd'hui dans les Cours de Chimie une manipulation du même ordre.

33. *Fabrication de la soudure pour travailler l'or.*

« Comment il convient de faire la soudure pour les ouvrages d'or : or, 2 parties; cuivre, 1 partie; fondez, divisez. Lorsque vous voulez une couleur brillante, fondez avec un peu d'argent. »

Ce sont là des recettes d'orfèvrerie. On lit de même aujourd'hui dans le *Manuel Roret* (1832) :

« Argent fin, 1 partie; cuivre 1 partie; fondez ensemble, ajoutez or, 2 parties. »

34. *Procédé pour écrire en lettres d'or.*

« Pour écrire en lettres d'or, prenez du mercure, versez-le dans un vase propre, et ajoutez-y de l'or en feuilles; lorsque l'or paraîtra dissous dans le mercure, agitez vivement; ajoutez un peu de gomme, 1 grain, par exemple, et, laissant reposer, écrivez des lettres d'or. »

35. *Autre (recette).*

« Litharge couleur d'or, 1 partie; alun, 2 parties. »

36. *Fabrication de l'asèm noir comme de l'obsidienne* (1).

« Asèm, 2 parties; plomb, 4 parties. Placez sur un vase de terre vide, jetez-y un poids triple de soufre apyre (2), et, l'ayant mis dans le fourneau, fondez. Et l'ayant tiré du fourneau, frappez, et faites ce que vous voulez. Si vous voulez faire un objet figuré, en métal battu, ou coulé, alors limez et taillez; il ne se rouille pas. »

C'est un alliage noirci par les sulfures métalliques.

Pline décrit une préparation analogue, usitée en Égypte (*H. N.*, t. XXXIII, p. 46).

37. *Fabrication de l'asèm.*

« Bon étain, 1 partie; fondez; ajoutez-y : poix sèche, le tiers du poids de l'étain;

(1) Sur l'obsidienne, PLINE, *H. N.*, t. XXXVI, p. 67.

(2) N'ayant pas subi l'action du feu.

κασσιτέρου, καὶ ἀνακείνησας ἔα ἀφρίζειν τὴν πίσσαν, ὡς οὗ ἐκλείπῃ ἀποβαλλομένη· εἶτα ἐὰν ψηγῇ ὁ κασίτερος, πάλιν χώνευε, καὶ προσέμβαλε εἰς Ζ ιγ′ τοῦ κασιτέρου, ὑδραργύρου Ζ α′, καὶ ἀνακείνει, καὶ ἔα ψυγῆναι, καὶ ἐργάζου ὡς ἄσημον.

38. Ὥστε φαίνεσθαι τὰ χαλκᾶ χρυσᾶ, καὶ οὔτε τῇ πρόσει.

Οὔτε τῇ παρατρίψει τῇ πρὸς τὸν λίθον, ἐλέγχεσθαι, ποιεῖν δὲ μάλιστα ἐπὶ τὸν δακτύλιον. τὴν φαντασίαν, εἶναι δὲ τὴν κατασκευὴν τοιάνδε. Τρίβουσι χρυσὸν καὶ μόλιβον λιπίτα ὡς ἄλευρα, δύο μέρη τοῦ μολίβου πρὸς ἕν, εἶτα μείξαντες τῷ κόμμιδι ἀναφυρῶσιν, καὶ μετὰ ταῦτα ἀλείφουσιν τὸν δακτύλιον, εἶτα πυροῦσιν· τοῦτο δὲ ποιοῦσιν πλεονάκις, ἕως ἀναλάβῃ τὴν χροιάν. Δυσέλεγκτον δ' ὅτι τήν τε παράτριψιν χρυσίου ποιεῖ, καὶ πυρούμενος τὸν μὲν μόλιβον ἐντήκει, τὸν δὲ χρυσὸν σῴ.

39. Χρυσογραφεία.

Γράμματα χρυσᾶ· κρόκος, χελώνης ποταμίας χολή.

40. Ἀσήμου ποίησις.

Λαβὼν κασσίτερον λευκὸν καὶ λεπτότατον κάθαρον τετράκεις, εἶτα λαβὼν τούτου μέρη δ′, καὶ χαλκοῦ λευκοῦ καθαροῦ μέρος τέταρτον, καὶ ἀσήμου μέρος, χώνευε· ὅταν δὲ χωνευθῇ, σμῆχε ἀλὶ ἐπὶ πλεῖστον, καὶ κατασκεύαζε ὃ θέλις, εἴτε ποτήρια, εἴτε ὅσα ἐὰν δόξῃ σοι· ἔσται ὡς πρῶτον ἄσημον, ὥστε καὶ τοὺς τεχνίτας λαθεῖν.

41. Ἄλλη.

Ἀργύρου μέρη β′, κασσιτέρου καὶ καθαρμένου μέρη γ′, χαλκοῦ Ζ —, χώνευσον· εἶτ' ἐξελὼν καὶ σμήξας παρατίθει ὡς πρῶτα ἀργυρώματα.

42. Χαλκοῦ χρίσις.

Ἐὰν θέλῃς χαλκὸν ἀργύρου χρῶμα ἔχειν, τὸν χαλκὸν καθάρας ἐπιμελῶς, κατέχειε ὑδραργύρῳ, καὶ ψημιθείῳ καὶ αὐτὴ δὲ ἡ ὑδράργυρος μόνη ἐπιχρισθεῖσα ποιεῖ.

43. Χρυσοῦ δοκιμασία.

Ἐὰν θέλῃς χρυσὸν καθᾶραι, ἀναχώνευσον ἢ πύρωσον, καὶ ἐὰν ᾖ καθαρὸς, ἐν τῷ αὐτῷ χρώματι μένει μετὰ τὴν πύρωσιν, καὶ ὅμοιος τῷ νομίσματι καθαρός· ἐὰν λευκότερος φαίνηται, ταὶ, ἄργυρον

ayant remué, laissez écumer la poix jusqu'à ce qu'elle ait été entièrement rejetée; puis, après refroidissement de l'étain, refondez-le et ajoutez 13 drachmes d'étain, 1 drachme de mercure, agitez; laissez refroidir et travaillez comme l'asèm. »

C'est de l'étain affiné, avec addition d'un peu de mercure.

38. *Pour donner aux objets de cuivre l'apparence de l'or.*

« Et que ni le contact ni le frottement contre la pierre de touche ne les décèle; mais qu'ils puissent servir surtout pour (la fabrication d') un anneau de belle apparence. En voici la préparation. On broie l'or et le plomb en une poussière fine comme de la farine, 2 parties de plomb pour 1 d'or, puis, ayant mêlé, on incorpore avec de la gomme, et l'on enduit l'anneau avec cette mixture; puis on chauffe. On répète cela plusieurs fois, jusqu'à ce que l'objet ait pris la couleur. Il est difficile de déceler (la fraude); parce que le frottement donne la marque d'un objet d'or; et la chaleur consume le plomb, mais non l'or. »

39. *Écriture en lettres d'or.*

« Lettres d'or : safran; bile de tortue fluviale. »

40. *Fabrication de l'asèm.*

« Prenez étain blanc, très divisé, purifiez-le quatre fois; puis prenez-en 4 parties, et le quart de cuivre blanc pur et 1 partie d'asèm, fondez : lorsque le mélange aura été fondu, aspergez-le de sel le plus possible, et fabriquez ce que vous voudrez, soit des coupes, soit ce qui vous plaira. Le métal sera pareil à l'*asèm* initial, de façon à tromper même les ouvriers. »

41. *Autre (procédé).*

« Argent, 2 parties; étain purifié, 3 parties; cuivre... drachmes; fondez; puis enlevez et décapez; mettez en œuvre comme pour les ouvrages d'argent de premier ordre. »

42. *Enduit du cuivre.*

« Si vous voulez que le cuivre ait la couleur de l'argent; après avoir purifié le cuivre avec soin, mettez-le dans le mercure et la céruse : le mercure seul suffit pour l'enduit. »

C'est du cuivre simplement blanchi à la surface par le mercure.

43. *Essai de l'or.*

« Si vous voulez éprouver la pureté de l'or, refondez-le et chauffez-le : s'il est pur, il garde sa couleur après le chauffage et reste pareil à une pièce de monnaie. S'il

ἔχει· ἐὰν δὲ τραχύτερος καὶ σκληρότερος, χαλκὸν καὶ κασσίτερον· ἐάν τε μέλα μὲν, μαλακὸς δὲ, μόλιβον.

44. Ἀργύρου δοκιμασία.

Τὸν ἄργυρον θέρμενε ἢ χώνευε ὥςπερ τὸν χρύσον, καὶ ἐὰν μὲν ᾖ λευκὸς, στίλβων, καθαρός ἐστιν, καὶ δόλον οὐκ ἔχει· ἐὰν δὲ μέλας φαίνῃ, μόλυβον ἔχει· ἐὰν δὲ σκληρὸς φάνῃ καὶ κιρρὸς, χαλκὸν ἔχει.

45. Χρυσογραφία.

Χρυσᾶ γράμματα γράφειν· κόλλῃ χρυσοχοεικῇ γράφε ὃ θέλεις σὺν ἕξει.

46. Χαλκωμάτων σμῆξις.

Σεύτλια ἀναζέσας καλῶς σμῆχυ τὰ χαλκώματα καὶ ἀργυρώματα· ὕδατι ζέννυται τὰ σεύτλια.

47. Χαλκὸς χρυσοφανής.

Χαλκοῦ χροιὰν χρυσῷ ἐμφαῤῥῇ εἶνε· κύμεινον τρίψας ἐν ὕδατι, καὶ ἑάσας κατασταθῆναι εἰς γ' ἡμέρας ἐπιμελῶς, τῇ δὲ δ' ἀναδεύσας δαψιλῶς ἐπίχριε, καὶ ὃ ἐὰν βούλῃ ἐπίγραφε· ὅμοιον γὰρ εἶδος ἔχει τὸ ἐπιχρισθὲν ᾗ γραφέν.

48. Ἀργυρωμάτων σμῆξις.

Ἐρίῳ μηλιδέῳ τὸν ἀποβάπτων εἰς ἅλμην δριμίαν σμῆχε, καὶ σμήξας γλυκεῖ ὕδατι χρῶ.

49. Ἀργύρου χρύσωσις.

Ἀργυροῦν ἢ χαλκοῦν σκεῦος ἄνευ πετάλων χρυσῶσαι· νίτρον πυῤῥὸν καὶ ἁλὰ ξυνχωνευέμενα φύρησον μηθ' ὕδατος, καὶ ἐπίχρισον καὶ γείνεται.

devient plus blanc, il contient de l'argent; s'il devient plus rude et plus dur, il renferme du cuivre et de l'étain; s'il noircit et s'amollit, du plomb. »

Ce procédé d'essai sommaire répond à des observations exactes.

44. *Essai de l'argent.*

« Chauffez l'argent ou fondez-le, comme l'or; et, s'il reste blanc, brillant, il est pur et non fraudé; s'il paraît noir, il contient du plomb; s'il paraît dur et jaune, il contient du cuivre. »

Pline donne un procédé analogue (*H. N.*, t. XXXIII, p. 44). On voit par là que les orfèvres égyptiens, tout en cherchant à tromper le public, se réservaient à eux-mêmes des procédés de contrôle.

45. *Écriture en lettres d'or.*

« Écrire des lettres d'or. Écrivez ce que vous voulez avec de la soudure d'orfèvre et du vinaigre. »

46. *Décapage des objets de cuivre.*

« Ayant fait cuire des bettes, décapez soigneusement avec le jus les objets de cuivre et d'argent. On fait bouillir les bettes dans l'eau. »

47. *Cuivre pareil à l'or.*

« Cuivre semblable à l'or par la couleur, soit : broyez du cumin dans l'eau; laissez reposer avec soin pendant 3 jours; le quatrième, ayant arrosé abondamment, enduisez le cuivre et écrivez ce que vous voudrez. Car l'enduit et l'écriture ont la même apparence. »

48. *Décapage des objets d'argent.*

« Nettoyez avec de la laine de mouton, après avoir trempé dans de la saumure piquante; puis décapez avec de l'eau douce (sucrée?) et faites emploi. »

49. *Dorure de l'argent.*

« Pour dorer sans feuilles (d'or), un vase d'argent ou de cuivre, fondez du natron jaune et du sel avec de l'eau, frottez avec et il sera (doré). »

Recette obscure. Elle se réfère au natron jaune, corps dont il est question dans Pline, *H. N.*, t. XXXI, p. 46. Pline le donne comme un sel natif; mais, dans les lignes précédentes, il parle de la fusion du natron avec du soufre : ce qui formerait un sulfure, capable en effet de teindre les métaux. Zosime signale aussi le natron jaune.

50. Χρυσογραφία.

Ἀρσενικὸν τρίψας ὁμοῦ μετὰ κόμμεως, καὶ ὕδατος ἀπὸ σειροῦ δεύτερον, τὸ τρίτον γράφε.

51. Ἀργύρου χρυσωσις.

Μίσυ καὶ σανδαράκην μετὰ κινναβάρεως τρίψας, χρίσον τὸ ἀργυροῦν.

52. Χρυσογραφία.

Χρυσᾶ πέταλα ἀποξήρας, λεάνας μετὰ κόμμεως, ἐπίγραφε.

53. Χρυσίου ὑγροῦ σκευασεία.

Χρυσίου πέταλα εἰς θηΐαν ἐμβαλὼν, καὶ υδράργυρον τρίβε ὁμοῦ καὶ οὗτος ἔσται.

54. Χρυσίου χρῶσις.

Ὡς δεῖ ἄργυρον χρύσεον ποιῆσαι· κινναβάρει μετὰ στυπτηρις λέανον, παραχέων ξξος λευκὸν, καὶ ποιήσας κηρώτης πάχως ἔκμασσε πλειστάκεις, καὶ ἔα ἐκνυκτερεῦσαι.

55. Χρυσίου ποίησις.

Ἀσήμου στατῆρα α′, ἢ χαλκοῦ Κυπρίου γ′, χρυσίου στατῆρας δ′, συνχώνευσον ἅμα.

56. Ἄλλη.

Ἀργύρεον χρύσεον ποιῆσαι εἰς αἰῶνα μόνιμον· Λαβὼν ὑδργυρον καὶ πέταλα χρύσεα, ποίησον κα ποίησον κηρῶδες, καὶ λαβὼν ἀργύρεον σκεῦος σμῆξον αὐτὸ στυπτηρίᾳ, καὶ λαβὼν ἐκ τοῦ κηρώδους, χρίε αὐτὼ λεαντηρὶ, καὶ ἔα αὐτὸ παγῆναι· τοῦτο ποίει πεντάκεις· κράτει δὲ αὐτὸ λινῷ ράκει καθαρῷ, ἵνα μὴ πιτυρίσῃ, καὶ λαβὼν μαρύλλια ποίησον τέφραν, λέενε λεαντηρίῳ, καὶ χρῶ ὡ σκευει νομίμῳ πεπείραται.

50. *Écriture en lettres d'or.*

« Broyez l'arsenic (1) avec de la gomme, puis avec de l'eau de puits; en troisième lieu, écrivez. »

51. *Dorure de l'argent.*

« Broyez le misy avec la sandaraque et le cinabre et frottez-en l'objet d'argent. »

52. *Écriture en lettres d'or.*

« Après avoir séché des feuilles d'or, broyez avec de la gomme et écrivez. »

53. *Préparation de l'or liquide.*

« Placez des feuilles d'or dans un mortier, broyez-les avec du mercure et ce sera fait. »

54. *Coloration en or.*

« Comment on doit préparer l'argent doré. Délayez du cinabre avec de l'alun, versez dessus du vinaigre blanc, et, ayant amené le tout en consistance de cire, exprimez à plusieurs reprises et laissez passer la nuit. ».

Il semble qu'il s'agit ici d'un enduit préliminaire.

55. *Préparation de l'or.*

« Asèm, 1 statère, ou cuivre de Chypre, 3; 4 statères d'or; fondez ensemble. »

C'est une préparation d'or à bas titre.

56. *Autre préparation.*

« Dorer l'argent d'une façon durable. Prenez du mercure et des feuilles d'or, façonnez en consistance de cire; prenant le vase d'argent, décapez-le avec l'alun, et, prenant un peu de la matière cireuse, enduisez-le avec le polissoir et laissez la matière se fixer; faites cela cinq fois. Tenez le vase avec un chiffon de lin propre, afin qu'il ne s'encrasse pas; et prenant de la braise, préparez des cendres, adoucissez avec le polissoir et employez-le comme un vase d'or. Il peut subir l'épreuve de l'or régulier. »

Ces derniers mots montrent qu'il s'agit d'un procédé de falsification, à l'épreuve de la pierre de touche.

(1) Sulfure d'arsenic.

57. Χρυσογραφία.

Ἀρσενικὸν χρυσίζοντος Ζ κ', κρυστάλλου ῥεινήματος στατῆρες δ', ᾧ ὠοῦ τοῦ λευκοῦ στατῆρες β', κόμμεος λευκοῦ στατῆρες κ', κρόκου —, γράψας ξήρενε καὶ ὀδόντιζε.

58. Ἀσήμου ποίησις.

Γείνεται καὶ ἄσημον δι' αὐτοῦ τοῦ χαλκοῦ· μναῖ β', κασσιτέρου βούλης μνᾶ α'· προχωννεύσας τὸν χαλκὸν εἰς ἕτερον βάλε τὸν κασσίτερον, καὶ κουφολίθου, τῆς λεγομένης κρήτης, τῇ μνᾷ ἡμιμναῖον, ἀναφύσα δὲ, ἕως ἅμα ἀναχωνευθῇς τε ἄργυρος καὶ ἡ κρήτα· καὶ μετὰ τὸ σκορπισθῆναι καὶ μόνον τὸν ἄργυρον καταλειφθῆναι, τότε καταψύξας χρῶ, ὡς ἀσήμῳ τῆς ἀληθείας διαφορωτέρῳ. νοας δὲ χρία.

59. Ἄλλη.

Ὁ δὲ ἀνέγκλειπτος ἄσημος οὕτως σκευάζεται· ἀσήμου καλοῦ στατῆρα, καὶ πρόςβαλε ἐκ τοῦ ἐξιωμένου χαλκοῦ στατῆρας β', ἀναχώνευε β' ἢ γ'.

60. Κασστέρου λεύκωσις.

Κασσίτερον λευκὸν ποιῆσαι· στυπτηρίαν καὶ νίτρον πυρώσας ὁμοῦ χώνευε.

61. Ἀσήμου γραφή.

Χαλάκανθον ειον θεῖον ξῆρ: λεπνας, ἐπίγραφε πυκνῶς.

62. Χρυσογραφεία.

Ἄνθος κνήκου, κόμμι λευκὸν, ὠοῦ τὸ λευκὸν κεράσας εἰς κονχείον χολῇ χελώνης μίσγε πρὸς ὀφθαλμὸν, καθάπερ ἐπὶ τῶν χρωμάτων, χρῶ· ποιεῖ δὲ καὶ ἡ μοσχεία χολὴ κατάπικρος τῇ χρόᾳ.

63. Ἀσήμου δοκιμασία.

Ἄσημον ἐπιγνῶναι εἰ δόλον ἔχει· κατάθου εἰς ἅλμην, θέρμν, ἐὰν δόλον ἔχῃ μέλαν γείνεται.

57. *Écriture en lettres d'or.*

« Arsenic couleur d'or, 20 drachmes; verre pulvérisé, 4 statères; ou blanc d'œuf, 2 statères; gomme blanche, 20 statères, safran, ... après avoir écrit, laissez sécher et polissez avec une dent (1). »

58. *Fabrication de l'asèm.*

« On prépare aussi l'asèm avec le cuivre; (argent), 2 mines; étain en bouton, 1 mine; fondant d'abord le cuivre, jetez-y l'étain et du coupholithe, appelé craie (2), une demi-mine par mine; poursuivez jusqu'à ce que vous voyiez fondus l'argent et la craie; après que le reste aura été dissipé et que l'argent restera seul, alors laissez refroidir, et employez-le comme de l'asèm préférable au véritable.... »

59. *Autre (préparation).*

« L'asèm perpétuel (3) se prépare ainsi : 1 statère de bel asèm; ajoutez-y 2 statères de cuivre affiné, fondez deux ou trois fois. »

60. *Blanchiment de l'étain.*

« Pour blanchir l'étain. Ayant chauffé avec de l'alun et du natron, fondez. »

61. *Écriture en lettres d'asèm.*

« Délayez de la couperose et du soufre avec du vinaigre; écrivez avec la matière épaissie. »

62. *Écriture en lettres d'or.*

« Fleur du cnecos (4), gomme blanche, blanc d'œuf mélangés dans une coquille, et incorporez avec de la bile de tortue, à l'estime, comme on fait pour les couleurs; faites emploi. La bile de veau très amère sert aussi pour la couleur. »

Ici la couleur est à base organique.

63. *Essai de l'asèm.*

« Pour reconnaître si l'asèm est fraudé. Placez dans la saumure, chauffez; s'il est fraudé, il noircit. »

Cette recette est obscure. Se rapporte-t-elle à la formation d'un oxychlorure de cuivre?

---

(1) *Voir* PLINE, *H. N.*, t. XIII, p. 25.

(2) Ce n'est pas notre craie; mais, sans aucun doute, quelque terre argileuse, jouant le rôle de fondant.

(3) *Voir* recette n° 7.

(4) Plante analogue au carthame.

64. Κασσιτέρου σμήξεις.

Γύψον καταθέμενος εἰς ῥάκος ἀπόσμηχε.

65. Ἀργύρου σμῆξις.

Στυπτηρίᾳ ὑγρᾷ χρῶ.

66. Ἀσήμου καταβαφή.

Κινναβάρεως μέρος α′, στυπτηρίας σχιστῆς μέρος α′ Κειμωλείας γῆς μέρος α′, θαλάσσῃ ἀπόδευσον καὶ χρῶ.

67. Χαλκοῦ μάλαξις.

Πυρώσας ἐντίθει εἰς κόπρον ὀρνιθείων, καὶ ὅταν ψυγῇ, ἔλαυναι.

68. Χρυσοῦ καταβαφή.

Μίσυος ὀπτοῦ μέρη γ′, στυπτηρίας σχιστῆς, ἐλυδρίου ἀνὰ μέρος α′, ταῦτα τρίψας μέλιτος πάχος σὺν οὐρῳ παιδίου ἀφθόρου, καὶ χρίων τὸ σκεῦος πύρου καὶ τάβαπτε εἰς ὕδωρ ψυχρούν.

69. Χρυσογραφία.

Λαβὼν τετάρτην χρησοῦ δοκίμου, χώνευσον εἰς χῶνον χρυσοχοϊκὸν· ὅταν δὲ χωνευθῇ, δὸς μολίβου κεράτιον· ἐπὰν δὲ συμμιγῇ, ἄρας ψύξον, καὶ λαβὼν θυΐαν βασανίτου λίθου, ὁμοίως βάλε τὸ κεχωνευμένον, καὶ πρόσδος νίτρου κεράτιον α′, καὶ συνλέανον ἐπιμελῶς ὀξι δριμῖ, ὡς κολλούριον ἰατρικὸν, ἐπὶ ἡμέρας γ′· ἔπιτα ὅταν λεανθῇ, σύμμισγε στυπτηρίας σχιστῆς κεράτιον α′, καὶ γράψας δόντιζε.

70. Χρυσογραφία.

Χρυσ πέταλα ἐλαστὰ μετὰ ὑδραργύρου τρίβε εἰς θυΐαν, καὶ οὕτως χρῶ, γράφων ὡς μέλανι.

71. Ἄλλη.

Θίου ἀπύρου ↑, στυπτηρίας σχιστῆς ρ —, κόμμεως ρ —, βρέξας τὸ κόμμι ὕδατι.

72. Ἄλλη.

Θίου ἀπύρου ↗ στ σι ∠ ἰοῦ ξηροῦ τὸ ἐντὸς, καὶ τρίψας τὸ ἴδιον, καὶ τὸ θεῖον, καὶ τὴν στυπτη-

64. *Décapage de l'étain.*

« Placez du gypse dans un chiffon et nettoyez. »

65. *Décapage de l'argent.*

« Employez l'alun humide. »

De même aujourd'hui, dans le *Manuel Roret* (t. II, 1832, p. 195).

« Dissolvez de l'alun, concentrez, écumez, ajoutez-y du savon et frottez l'argent avec un linge trempé dans cette composition. »

66. *Teinture de l'asèm.*

« Cinabre, 1 partie; alun lamelleux, 1 partie; terre cimolienne, 1 partie; mouillez avec de l'eau de mer et mettez en œuvre. »

67. *Amollissement du cuivre.*

« Chauffez-le; placez-le dans la fiente d'oiseau et après refroidissement enlevez. »

68. *Teinture de l'or.*

« Misy grillé, 3 parties; alun lamelleux, chélidoine, environ 1 partie; broyez en consistance de miel avec l'urine d'un enfant impubère et colorez l'objet; chauffez et trempez dans l'eau froide. »

69. *Écriture en lettres d'or.*

« Prenez un quart d'or éprouvé, fondez dans un creuset d'orfèvre; quand il sera fondu, ajoutez un kération (carat, tiers d'obole) de plomb; après qu'il a été mélangé, ôtez et refroidissez et prenez un mortier de jaspe, jetez-y la matière fondue; ajoutez 1 kération de natron et mêlez la poudre avec soin avec du vinaigre piquant, à la façon d'un collyre médicinal, pendant 3 jours; puis, quand le mélange est fait, incorporez 1 kération (mesure) d'alun lamelleux, écrivez et polissez avec une dent. »

70. *Écriture en lettres d'or.*

« Feuilles d'or ductiles; broyez avec du mercure dans un mortier; et employez-le pour écrire, à la façon de l'encre noire. »

71. *Autre préparation.*

« Soufre apyre, ..., alun lamelleux, ...; gomme, ...; arrosez la gomme avec de l'eau. »

72. *Autre (préparation).*

« Soufre apyre, ..., alun lamelleux, une drachme; ajoutez au milieu de la rouille

ρίαν λείαν, εὖ μάλα μείξας ἐπιμελῶς τρίβε, καὶ χρῶ ὡς μέλανι γραφικῷ, ἀνείων οἴνῳ ἀθαλάσσῳ, γράφε εἰς βιβλία καὶ διφθέρας.

73. Ἄλλη.

Χρυσογραφία χωρὶς χρυσοῦ· ἐλυδρίου μέρος α′, ῥητίνη καθαρᾶς μέρος α′, ἀρσενικοῦ χρυσίζοντος μέρος α′, ὃ ἐστιν σχιστὸν, κόμμεως καθαροῦ, χολῆς χελώνης μέρος α′, ὧν τοῦ ὑγροῦ μέρη ε′, ἥτω δὲ τῶν ξηρῶν πάντων ἡ ὁλκὴ στατῆρων κ′· εἶτα ἐπέμβαλε τούτοις κρόκου Κειλεικίου στατῆρας δ′. Ποιεῖ δὲ οὐ μόνον ἐπὶ χάρτου ἢ διφθέρας, ἀλλὰ καὶ ἐπὶ μαρμάρου ἐστιλβωμένου, καὶ ἐάν τι ἄλλο καλὸν θέλῃς ὑποζωγραφῆσαι καὶ ποιῆσαι χρυσοειδές.

74. Χρύσωσις.

Χρύσωσις ὁμοίως ποιοῦσα· ἀρσενικοῦ σχιστοῦ σχιστοῦ, χαλακάνθου, σανδαράκης χρυσίτιδος, ὑδραργύρου, τραγακάνθης, ἄρου τὸ ἐντὸς, ἴσα συνλειώσας χολῇ αἰγείᾳ. Τοῖς χαλκοῖς ἐκ πυρὸς, καὶ ἀργύροις καὶ ταῖς εἴκοσι καὶ ἀσπιδίοις ποιεῖ τόδε· τὸ δὲ χαλκοῦν μὴ ἐχέτω δάσος.

75. Ἄλλη.

Μίσυος μεταλλικοῦ στατῆρες γ′, στυπτηρίας μεταλλικῆς στατῆρες γ′, ἑλυτρίου στατὴρ α′, παράχεε οὖρον ἀφθόρου παιδὸς, καὶ τρίβε, ἕως γένηται γλοιῶδες, καὶ κατάβαπτε.

76. Ἄλλη.

Λαβὼν κυμεινον καὶ λειώσας ἔασον εἰς ὕδωρ ὕδωρ ἡμέρας γ′ βρέχεσθαι, τῇ δὲ δ′ ἀναστάσας κατάχριε τὰ χαλκᾶ ἢ ὃ ἂν βούλῃ. ἔστω δὲ πεπωμασμένον τὰς γ′ ἡμέρας.

77. Χρυσογραφεία.

Μέταλλα χρυσίου τρίψας κόμμει, ἀποξηράνας χρῶ ὡς μέλανι γραφικῷ.

78. Ἀργυρογραφία.

Ἀργυρᾶ γράμματα γράψαι· λιθαργύρου στατῆρας δ′ μετὰ κόπρου περιστέρας καὶ ὄξους λεάνας, γράφε ἐν γραφίῳ πεπυρομένου.

sèche; broyez la rouille, le soufre et l'alun finement; mêlez pour le mieux, broyez avec soin, et servez-vous-en comme d'encre noire à écrire, en délayant dans du vin exempt d'eau de mer. Écrivez sur papyrus et parchemin. »

73. *Autre (préparation).*

« Écrire en lettres d'or, sans or. Chélidoine, 1 partie; résine pure, 1 partie; arsenic couleur d'or, 1 partie, de celui qui est fragile; gomme pure; bile de tortue, 1 partie; partie liquide des œufs, 5 parties; prenez de toutes ces matières sèches le poids de 20 statères; puis jetez-y 4 statères de safran de Cilicie. On emploie non seulement sur papier ou parchemin; mais aussi sur marbre bien poli; ou bien si vous voulez faire un beau dessin sur quelque autre objet et lui donner l'apparence de l'or. »

74. *Dorure.*

« Dorure faisant le même effet. Arsenic lamelleux, couperose, sandaraque dorée (1), mercure, gomme adraganthe, moelle d'arum, à parties égales; délayez ensemble avec de la bile de chèvre. On l'applique sur les objets de cuivre passés au feu, sur les objets d'argent, sur les figures de (métal) et sur les petits boucliers. L'airain ne doit pas avoir d'aspérité. »

75. *Autre (procédé).*

« Misy des mines, 3 statères; alun des mines, 3 statères; chélidoine, 1 statère; versez-y l'urine d'un enfant impubère; broyez jusqu'à ce que le mélange devienne visqueux et trempez (-y l'objet). »

76. *Autre (procédé).*

« Prenez du cumin, broyez, laissez infuser trois jours dans l'eau, le quatrième, enlevez; enduisez-en les objets de cuivre, ou ce que vous voulez. Il faut maintenir le vase fermé pendant les trois jours. »

77. *Écriture en lettres d'or.*

« Broyez des feuilles d'or avec de la gomme, séchez et employez comme de l'encre noire. »

78. *Écriture en lettres d'argent.*

« Écrire des lettres d'argent. Litharge, 4 statères; délayez avec de la fiente de colombe et du vinaigre; écrivez avec un stylet passé au feu. »

---

(1) Il s'agit probablement d'un sulfure d'arsenic naturel ou artificiel, intermédiaire entre l'orpiment et le réalgar. La poudre même du réalgar est plus jaune que la masse compacte. Peut-être aussi était-ce du réalgar modifié par un commencement de grillage, mode de traitement auquel tous les minéraux usités en pharmacie étaient alors soumis. (*Voir* DIOSCORIDE, *Mat. méd., passim*, et spécialement t. V, p. 120 et 121).

79. Ἀσήμου καταβαφή.

Κεινναβάρεως, Κειμολείας, στυπτηρίας ὑγρᾶς ἴσα ἄνες ὕδατι θαλασσείῳ, καὶ πύρου, καὶ κατάβαπτε πλειστάκεις.

80. Ἄργυρον χρῶσις, ὥστε μηδὲ ἐκμάσσεσθαι εἰ μὴ πυρί.

Χρύσο Χρυσοκόλλαν καὶ ψιμίθιον, καὶ γῆν Χείαν καὶ ὑδράγυρον συνλιώσας παράσταζε μέλει, καὶ προνιτρώσας τὰ σκεύη, κατάχριε.

81. Κασσιτέρου σκληρασία.

Χωνεύων αὐτὸν, στυπτηρίαν σχιστὴν καὶ χαλάκανθον μείξας, καὶ ἑνώσας, λειά τε ποιήσας, ἐπίπασσε, καὶ ἔσται σκληρός.

82. Ἀσήμου ποίησις.

Κασσιτέρου χρηστοῦ μνᾶν α′, πίσσης ξηρᾶς στατῆρας ιγ′, ἀσφάλτου στατῆρας η′, εἰς χύτραν κενὴν περιπελωσας χώνευε, εἶτα προφύξας πρόςμισγε καλκοῦ τροχικοῦ στατῆρας κ′, καὶ ἀσήμου πρότου στατῆρας γ′, καὶ μαγνησίας λείας στατῆρας ιβ′· χωνεύσας ποίει ὃ θέλεις.

83. Ἀσήμου ποίησις Αἰγυπτίου.

Ὡς Φιμήνας ἐποίει ὁ Σαείτης. Λαβὼν χαλκὸν Κύπριον τὸν ἀνείμενον, ἐκκάθαρον ἔξει, καὶ ἅλει καὶ στυπτηρίᾳ· εἶτα ἐκκαθάρας χώνευε, ἐπιβαλὼν ταῖς ταῖς στατῆρσι κ′, ψιμιθίου ἀδόλου στατῆρας γ′, καὶ λιθαργύρου χρυσίσονδος στατῆρας β′, ἔστα λευκόν· εἶτα ἐπίβαλλε ἀσήμου ἀπαλωτάτου καὶ ἀμέμπτου στατῆρας β′, δείξει σοι αὐτό· ἔπεχε χωνεύων, μὴ ὑποστῇ· οὐκ ἔστιν ἰδιώτου ἀλλὰ ἐνπίρου, καὶ ζήσεται καλῶς.

84. Ἄλλη.

Ἀσήμου ποίσεις ἀληθὸς γεινομένη, πρὸς ἀληθείαν κρίσσον ἀσήμου· Λαβὼν ὠρόχαλκον ὅσον ἀλκὴν α′, ἔσβαλε εἰς χῶνον ἕως χυθῇ, καὶ πρόσβαλε ἁλὸς ἀμμωνικοῦ ἢ Καππαδοκικοῦ ∠ δ′· καὶ ἐπιχώνευσον, καὶ πρόςτος στυπτηρίᾳ σχιστῆς ὁλκῆς ὅσον κυάμου Αἰγυπτίου, καὶ ἐπιχώνευσον, καὶ

πρόςδοσ σανδαράχης. μὴ τῆς χρυσιζούσης, ἀλλὰ τῆς λευκαθιζούσης, τῆς σπρᾶς Ζ α΄· εἶτα μετακέννου εἰς ἕτερον χῶνον προκεχησμένον γῇ Χείᾳ· εἶτα χωνεύσας προςδίτουτο τρίμελος ἀμώμου καὶ χρῶ.

85. Ἄλλη.

Λαβὼν κασσιτέρου Ζ ιβ΄, ὑδραργύρου Ζ δ΄, γῆς Χείας Ζ β΄, χώνευε τὸν κασσίτερον, ἐμβάλῃ τὴν γῆν λελειομένην, ἔπιταν τὴν ὑδράργυρον· κείνει σιδήρῳ, ἀνάπλασσε σφαιρεία.

86. Χρυσίου δίπλοσις.

Βαρύτερον ἐργάζαθαι τὸν χρυσὸν τῆς τοῦ χ ὁλκῆς. Καδμίας τὸ τέταρτον συνχώνευε, καὶ βαρύτερος μὲν, σκληρότερος δὲ ἀποβήσεται.

87. Ἄλλη.

Δολοῦται χρυσὸς εἰς αὔξησιν μισύει καὶ γῇ Σινωπίδι, ἰσοστάσιος πρῶτος ἐμβαλλέμενος εἰς τὴν κάμινον· καὶ αὐτῷ γενωμένῳ κατὰ τὴν χώνην ἱλαρῶς ἐπεμβάλλεται ἑκάστου πρὸς λόγον, συδὲ διαπλασσοῦται.

88. Ἄλλη.

Ὕδατος θείου εὕρεσις. Ἀσβέστου δράκα μιαν, θίου τὸ ἴσον προλελειωμένον συνθεὶς ἐν ἀγγείῳ,

alun lamelleux, le poids d'une fève d'Égypte; refondez, ajoutez-y 1 drachme de sandaraque décomposée (1), non de la sandaraque dorée, mais de celle qui blanchit; ensuite transportez dans un autre creuset enduit à l'avance de terre de Chio; après fusion, ajoutez un tiers d'asèm et employez. »

Cette préparation donne un alliage de cuivre et de zinc arsénical.

85. *Autre (procédé).*

« Prenez : étain, 12 drachmes; mercure, 4 drachmes; terre de Chio, 2 drachmes; fondez l'étain; jetez-y la terre en poudre, puis le mercure; remuez avec un morceau de fer; mettez en globules. »

86. *Doublement de l'or.*

« Pour augmenter le poids de l'or. Fondez avec le quart de cadmie, et il deviendra plus dur. »

Il fallait évidemment ajouter un agent réducteur et un fondant, dont la recette ne fait pas mention. On obtenait ainsi un alliage de l'or avec les métaux dont les oxydes constituaient la cadmie, c'est-à-dire le zinc, le cuivre ou le plomb spécialement; alliage riche en or. La même recette se lit aussi dans le Pseudo-Démocrite, mais comme toujours plus compliquée et plus obscure. Ce qui suit est plus clair.

87. *Autre (procédé).*

« On altère l'or en l'augmentant avec le misy et la terre de Sinope (2); on le jette d'abord à parties égales dans le fourneau; quand il est devenu clair dans le creuset, on ajoute de chacun ce qui convient, et l'or est doublé. »

88. *Autre (procédé).*

« Invention de l'eau de soufre (3). Une poignée de chaux, et autant de soufre en poudre fine; placez-les dans un vase contenant du vinaigre fort, ou de l'urine d'enfant

---

riété de sel gemme ou de carbonate de soude, d'après les textes formels de Dioscoride, *Mat. méd.*, t. V, p. 125; et de Pline, *H. N.*, t. XXXI, p. 39. De même, dans le Traité *De Mineralibus*, attribué à Albert le Grand, l. V, tr. I, ch. II. Dans le Pseudo-Aristote, auteur de l'époque arabe (Manget, *Bibl. chem.*, t. I, p. 648), c'est aussi un sel fusible qui n'émet pas de fumée. Mais dans Pseudo-Geber, *Summa perfectionis*, livre I, ch. X et *Libri investigationis* (IX^e^ siècle), ainsi que dans Avicenne (XI^e^ siècle), cité dans le *Speculum majus* de Vincent de Beauvais (*Speculum naturale*, l. VIII, p. 60), le mot sel ammoniac s'applique à un corps sublimable, tel que notre chlorhydrate d'ammoniaque. Le sens de ce mot a donc changé dans le cours des temps.

(1) Sulfure d'arsenic, probablement en partie désagrégé par le grillage.

(2) Minium ou sanguine.

(3) Ou de l'eau divine; le mot grec est le même.

ἔχε ὄξος δριμὺ ἢ οὔρου ἀφθάρου, ὑπόχεε ἕως τὸ ὑγρὸν τὸ ἐπιπεμφθὲν ὡς αἷμα φανῇ, ὅπερ ἀπωσιρώσας διὰ τὴν τρυγείαν, καθαρίως χρῶ.

89. Ὁ ἄσημος οὗτος ἀρεοῦται.

Πεταλωθεὶς καὶ χριόμενος ὑδργυργύρῳ προχεις κεις ηρισθενπος τοῦ πετάλου, καὶ ἐπιπάσαιται ὁ πυρίτης οἰκονομηθεὶς οὗτος, καὶ τίθεται ἐπὶ ἀνθράκων ὡς ἀναξηρανθῇ καὶ θεωρίστην χρώαν τοῦ πετάλου ἀλλοιωθείς· ἀναφεύγει γὰρ ἡ ὑδράργυρος, καὶ ἀραιοῦται τὸ πετάλων, καὶ μίσγεται τῇ χωνίᾳ ♂ μέρος α′, ☾ μέρη δ′· καὶ μιγέντων αὐτῶν ἐπίβαλλε εἰς τοῦ ἄνω ἴου τὸ ἀρσενικὸν χρυσοῦ χωρὶς, πυρίτου, ἁλὸς ἀμμωνιακοῦ, κολκίτεως, κυανοῦ, καὶ λειοτριβεῖς ὑδατος θείου, ὀπτᾷς. ἐπιπάσσεις μετὰ τὴν ὑδράργυρον.

90. Κάταχος ανχούσης.

Οὖρον προβατίω ἢ κομμαρι, ἢ ὑοσκυάμους ὁμοίως καὶ τόπων ε.

91. Ἄνεσις ἀνχούσης.

Ἀνίεται ἡ ἄνχουσα στροβιλίοις, καὶ τοῖς ἔντως τῶν περσικῶν, καὶ ἀνδράχνῃ, καὶ χυλῷ σευτλίου, καὶ φαίκλῃ, καὶ οὔρῳ καμήλου, καὶ τὸ ἔντος τῶν κιτρίων.

92. Κάτοχος ἀνχούσης.

Κοτυληδόνα καὶ στυπτηρίαν ἐξ ἴσου μίξας λιοτρίβει, καὶ ἐπίβαλε τὴν ἀνχούσαν.

93. Φάρμακα στυπτικά.

Μελαντηρία, χάλκανθος κεκευμένος, στυπτηρία, χαλκῖτις, κινναβάρει, ἄσβεστος, σίδιον ῥοᾶς, ἀκάνθης κεράτια, οὖρον σὸν ἁλόῃ, ταῦτα ὡς πρὸς βαφάς.

94. Πορ ποίησις.

Λίθον Φρύγειον κόψας λεπτὸν, ζέσας, καὶ χαλάσας τὸ ἔριον ἄφες, ἕως ψυγῇ· ἔπιτα βαλὼν ς εἰς ἄγγος φύκους μνᾶν α′, ζέσον καὶ ἐπέβαλε. φύκους μνᾶν α′, ζέσον καὶ ἐπέμβαλλε τὸ ἔριον, καὶ ἐάσας ψυγῆναι, κλύζε θαλλάσσῃ ἥκουσα δὲ προκλυκις δὲ καὶ ὁ Φρύγειος πρὸ τοῦ κοπῆναι ὀπτᾶται, μέχρι οὗ πορφυροῦς γένηται.

95. Πορφ βαφή.

Ἄσβεστον μεθ' ὕδατος βρέξον, καὶ ἄφες καιταστῆναι νύκτα α′, καὶ ἀποσιρώσας κάθες τὸ ἔριον εἰς τὸ ὑγρὸν, ὑγρὸν ἡμέραν α′, καὶ ἄρας ξήρανον, καὶ ἀναχούσαν βρέξας ὄξει ζέσον, καί ἐπίβαλε ἐκεῖ τὸ ἔριον, καὶ ἀναβήσεταί σοι κονχυλιατόν· καὶ διὰ ὕδατος δὲ καὶ νίτρου ζεσθεῖσα ἄνεσι χρῶμα κονχύλιον.

95 *bis*. Εἶτα ξηράνας αὐτὸ ἐπίβαπτε τρόπῳ τῷδε· φῦγος ὕδατι ζέσον, καὶ ὅταν ἐξεράσῃ, ἐπίβαλλε μικρὸν χάλκανθον πρὸς ὄφθαλμον, ἵνα πορλυροῦν γένηται, καὶ τότε χάλα τὸ ἔριον, κα γείνεται· ἐὰν δὲ περισσότερον βάλῃς χαλκάνθιον, μελανώτερον γείνεται.

91. *Dilution (falsification) de l'orcanette.*

« On dilue l'orcanette avec les pommes de pins (?), la partie intérieure des pêches, le pourpier, le suc des bettes, la lie de vin, l'urine de chameau et l'intérieur des citrons. »

92. *Fixation de l'orcanette.*

« Cotylédon (1) et alun mêlés à parties égales, broyez finement, jetez-y l'orcanette. »

93. *Agents styptiques.*

« Melanteria (2), couperose calcinée, alun, chalcitis, cinabre, chaux, écorce de grenade, gousse d'arbre épineux, urine avec aloès : ces choses servent en teinture. »

94. *Préparation de la pourpre.*

« Cassez en petits morceaux la pierre de Phrygie (3); faites bouillir et, ayant immergé la laine, abandonnez jusqu'à refroidissement : ensuite, jetant dans le vase une mine (poids) d'algue (4), faites bouillir et jetez-y une mine d'algue; faites bouillir et jetez-y la laine, et, laissant refroidir, lavez dans l'eau de mer [la pierre de Phrygie est grillée (5), avant d'être concassée], jusqu'à coloration pourpre. »

95. *Teinture de la pourpre.*

« Mouillez la chaux avec de l'eau et laissez reposer pendant une nuit; ayant décanté, déposez la laine dans la liqueur pendant un jour; enlevez-la, séchez; ayant arrosé l'orcanette avec du vinaigre, faites bouillir et jetez-y la laine et elle sortira teinte en pourpre — (l'orcanette bouillie avec l'eau et le natron produit la couleur pourpre). »

95 *bis*. — « Ensuite séchez la laine, et teignez-la comme il suit : Faites bouillir l'algue avec de l'eau, et, lorsqu'elle aura été épuisée, jetez dans l'eau une quantité imperceptible de couperose, afin de développer la pourpre, et alors plongez-y la laine, et elle se teindra : s'il y a trop de couperose, elle devient plus foncée. »

Il y a là deux procédés distincts, l'un avec l'orcanette, l'autre avec l'orseille.

---

(1) Plante (*voir* DIOSCORIDE, *Mat. méd.*, t. IV, p. 90 et 91).

(2) Vitriol, produit par la décomposition de certains minerais à l'orifice des mines de cuivre (DIOSC., *Mat. médicale*, t. V, p. 117).

(3) PLINE, *H. N.*, t. XXXVI, p. 36. — DIOSCORIDE, *Mat. médicale*, t. V, p. 140. Cette pierre était autrefois employée pour la teinture des étoffes. Il semble que ce fût une sorte d'alunite.

(4) Herbes et lichens marins fournissant l'orseille.

(5) Ceci s'accorde avec Pline. C'est d'ailleurs une parenthèse, la coloration en pourpre s'appliquant à la laine. Il y a avant deux mots inintelligibles par suite de quelque transposition du copiste.

96. Ἄλλη.

Κάρυα διάτριψον, καὶ μετ' αὐτῶν ἀνχούσαν καλὴν, εἶθ' ὅταν τοῦτο ποίησις, ὄξος ἐπίβαλε δριμὺ, καὶ πάλιν τρίβε βαλὼν ἐκεῖ σίδιον, καὶ ἔασον ἡμέρας γ', καὶ μετὰ τὰ γ', κάθες ἐκεῖ τὸ ἔριον, καὶ ἔσται ψυχροβαφής· λέγεται δὲ ὅτι πεδερώτινων γείνεται ἐνπορφυρίζον· καὶ μετὰ νίτρου βερνικαρίου βραχὴ ἀντὶ τοῦ καρύου τὸ αὐτὸ ποίει.

97. Ἄλλο.

Στρούθισον τὸ ἔριον, καὶ χε ἐν ἑτοίμῳ στυπτηρίαν σχιστὴν, καὶ κηκείτος τὸ ἔσω τρίψας, βάλε μετὰ τῆς στυπτηρίας εἰς κυθρίδιον, καὶ ἐπιβαλὼν ἔασαν ὥρα ὀλίγας, καὶ ἄρας ἔασον ξηρανθῆναι. Προγεγόνετο δέ σοι ἡ ἀγωγὴ αὕτη· φαίκλειν τρίψας, βαλὼν εἰς ἀγγεῖον, ἐπίβαλε ὕδορ, καὶ ταράξας ἔα καταστῆναι· εἶτα ἀποσιρώσας τὸ καθαρὸν ὕδωρ εἰς ἕτερον ἀγγεῖον ἔχε ἐν ἑτοίμῳ, λαβὼν δὲ ἀνχούσα, καὶ βαλὼν εἰς ἀγγεῖον, τὸ ὑδατι τῆς φαίκλης μεῖξον, ἕως ἐπιμελῶς ἐνπαχυνθῇ, καὶ γένηται ὡς ἀμμῶδες, τόδε ἐπίβαλε εἰς ἀγγεῖον ὑπὸ χεῖρα τρίβων ἐκ τοῦ προκειμένου ὕδατος τοῦ τῆς ἀνχούσης· εἶθ' ὅταν γένηται ὡς γλοιῶδες, βαλὼν αὐτὸ εἰς κυθρύδιον, προσεπίβαλε τὸ λοιπὸν ὑδορ τῆς ἀνχούσης, καὶ ἔα, ἕως αὐτὸ χλιαρὸν ποίησις, καὶ τότε χαλάσας τὸ ἔριον ἄφε ὡς ὥρας ὀλιγας, καὶ ευρήσεις πορφύραν μένουσαν.

98. Ἄλλο.

Λαβὼν ἀνχούσαν, λεοντικὴν λέπισον, καὶ λαβὼν τὰ λεπίσματα εἰς θυΐαν τρίβε, λεῖα ὡς στίμι, καὶ ἐπιβαλὼν ὑδαρέστερον ὑδρομέλει πάλι τρίβε, εἶτα τετριμμένον αὐτὸ μετάβαλε εἰς ἀγγεῖον, καὶ ζέσον· ὅταν δὲ εἰδῇς ὅτι κεχλείανται, κάθες τὸ ἔριον, καὶ ἔα ἐνκοιτασθῆναι, ἔστω δὲ τὸ ἔριον ἐστρευτιμένον καὶ ἐστυμμένον, καὶ τότε λαβὼν αὐτὼ κάθες εἰς ὕδωρ ἀσβέστου, καὶ ἔασον συνπιεῖν· τα ἄρας ἀποπλυὰπόπλυνον θαλάσσῃ ἀλὴ λίαν, καὶ ψύξον, καὶ ενιγμο παλι κθες εἰς τὴν ἀνχούσαν, καὶ ἔα ἐνκοιτασθῆναι.

99. Ἄλλο.

Λαβὼν τὸ αἷμα τὸ ἄνωθεν ἐκ τῆς ἀνχούσης καὶ κηκείτα ὀμφακίνην μίαν καύσας ὀπτανίῳ, καὶ τρήας μετὰ μικροῦ χαλκάνθου, καὶ μείξας τῷ αἵματι, ζέσας βάπται πορφύραν.

96. *Autre (procédé).*

« Broyez des noix avec de l'orcanette de bonne qualité; cela fait, mettez-y du vinaigre fort; broyez de nouveau; ajoutez-y de l'écorce de grenadier; laissez trois jours; et après, plongez-y la laine et elle sera teinte à froid. »

« On dit qu'il y a un certain acanthe (1) qui fournit de la couleur pourpre; mouillé avec du natron de Bérénice, au lieu de noix, il produit le même effet. »

97. *Autre (procédé).*

« Nettoyez la laine avec l'herbe à foulon, et tenez à votre disposition de l'alun lamelleux; en broyant la partie intérieure de la noix de galle, jetez avec l'alun dans un pot, puis mettez la laine et laissez reposer quelques heures; enlevez-la et laissez-la sécher. Au préalable, suivez cette marche. Ayant broyé de la lie (2) et l'ayant mise dans un vase, versez de l'eau de mer, agitez et laissez déposer. Puis décantez l'eau claire dans un autre vase et tenez-la à votre disposition. Prenant de l'orcanette et la mettant dans un vase, mêlez avec l'eau de la lie, jusqu'à ce qu'elle s'épaississe convenablement et devienne comme sablonneuse. Alors mettez le produit dans le vase (réservé), délayant à la main avec l'eau précédente qui provient de l'orcanette. Ensuite, lorsqu'il sera devenu comme visqueux, mettez-le dans une petite marmite, ajoutez-y le reste de l'eau d'orcanette, et laissez jusqu'à ce qu'il ait tiédi; alors plongez-y la laine, laissez quelques heures et vous trouverez la pourpre solide. »

98. *Autre (procédé).*

« Prenant de l'orcanette, de la léontice (3), ôtez l'écorce, prenez-la pour la broyer dans un mortier, aussi fine que de l'antimoine : ajoutez-y de l'hydromel dilué avec de l'eau, broyez de nouveau, mettez le produit broyé dans un vase, et faites bouillir : quand vous verrez tiédir (la liqueur), plongez-y la laine; laissez séjourner. La laine doit être nettoyée avec l'herbe à foulon et épaissie (cardée et feutrée). Alors prenez-la, plongez-la dans l'eau de chaux (4), laissez imbiber; enlevez-la, lavez fortement avec du sel marin, séchez; plongez de nouveau dans l'orcanette et laissez séjourner. »

99. *Autre (procédé).*

« Prenez le suc des parties supérieures de l'orcanette et une noix de galle compacte [omphacite (5)] grillée dans la rôtissoire; l'ayant broyée avec addition d'un peu de couperose, mêlez au suc, faites bouillir, et donnez la teinture de pourpre. »

---

(1) Plante non identifiée (*voir* Diosc., *Mat. méd.*, t. III, p. 17. — Pline, *H. N.*, t. XXII, p. 34).

(2) La lie de vin agit ici par le bitartrate de potasse qu'elle contient.

(3) Plante (*voir* Diosc., *Mat. méd.*, t. III, p. 100. — Pline, *H. N.*, t. XXV, p. 85.

(4) Est-ce la même chose que la dissolution de la chaux vive dans l'eau?

(5) Diosc., *Mat. méd.*, t. I, p. 146.

100. Ἀντιγλαυκειμός.

Ἀντὶ τοῦ γλευκίσαι λαβὼν σκωρέαν σιδηρίου, κόψο ἐπιμελῶς ἕως γένηται ὡς σμῆγμα, καὶ ζέσον μετ' ὄξους, ἕως σκληρὸν γένηται, καὶ χάλα τὸ ἔριον προστρουτιμένον καὶ προςστυμμένος, καὶ εὑρήσεις αὐτὸ πορφυριζον, καὶ οὕτως βάπτε χρώμενος αἷς ἔχεις βαφαῖς.

100. *Substitution de couleur glauque* (1).

« Au lieu de couleur glauque, prenez la scorie de fer, écrasez-la avec soin jusqu'à réduction à l'apparence du smegma (2), et faites bouillir avec du vinaigre, jusqu'à ce qu'il durcisse; plongez la laine préalablement nettoyée avec l'herbe à foulon épaissie (cardée et feutrée), et vous la trouverez teinte en pourpre; teignez ainsi avec les couleurs que vous avez. »

---

(1) Bleu verdâtre. Cette recette est obscure et incomplète.

(2) Variété d'oxyde de cuivre produite par le vent du soufflet sur le cuivre fondu (PLINE, *H. N.*, t. XXXIV, p. 36).

II.

GEBER. — LE LIVRE DES SOIXANTE-DIX.

Généralement et correctement Djaber est le plus célèbre des alchimistes arabes; mais aucune de ses œuvres authentiques n'était connue avant la publication que j'ai faite, avec le concours de M. Houdas, des Traités manuscrits arabes des Bibliothèques de Leyde et de Paris qui portent son nom. Tous les écrits latins attribués jusqu'ici à Geber sont l'œuvre de pseudoépigraphes et n'ont aucun rapport avec ses Ouvrages authentiques : c'est ce que j'ai établi par l'étude comparative des uns et des autres dans le premier et le troisième Volume de mon *Histoire de la Chimie au moyen âge*, en montrant que l'histoire de la Science a été complétement faussée jusqu'ici par ces attributions inexactes. Je n'ai pas à y revenir en ce moment.

Cependant, en poursuivant l'examen des manuscrits latins alchimiques existant à la Bibliothèque Nationale de Paris, j'ai rencontré un Traité anonyme, portant le titre de *Livre des soixante-dix* (*Liber de septuaginta*), titre qui figure dans la liste des Ouvrages arabes du véritable Geber indiquée par le Kitab al-Fihrist, liste dont la traduction est donnée dans le Tome III de mon *Histoire de la Chimie au moyen âge*, pages 32 et suivantes. A la page 34 se trouve l'indication des titres de la plupart de ces soixante-dix Livres ou Chapitres.

Or, en dressant la liste de ces titres, parallèlement aux titres de l'Ouvrage latin (*la Chimie au moyen âge*, t. I, p. 322), j'en ai constaté l'identité. Les doctrines qui y sont exposées sont d'ailleurs les mêmes que celles du Djaber authentique et de l'Alchimie attribuée à Avicenne. Il est permis d'en conclure que nous possédons réellement dans le *Livre des soixante-dix* la traduction latine du texte arabe, aujourd'hui perdu; traduction en grande partie mutilée d'ailleurs, comme le montrent de nombreuses et importantes lacunes.

Elle est écrite dans un style barbare et rempli de fautes de tout genre, attribuables en partie aux copistes, mais aussi au traducteur, qui y a inséré un grand nombre de mots arabes mal transcrits et qu'il ne comprenait pas. Je n'ai pas entrepris d'en rectifier ni le style, ni l'orthographe, ni la grammaire; mais j'ai essayé de donner un sens aussi bien défini que possible à ces textes, en en réglant la ponctuation.

Cette traduction, telle que nous la possédons ici, semble en outre interpolée par places, surtout vers la fin.

Malgré toutes ces imperfections, elle mérite d'autant plus attention que ce serait là le seul Ouvrage authentique de Geber parvenu jusqu'à nous dans une traduction latine; sous réserve bien entendu des textes encore inconnus pouvant exister dans d'autres manuscrits. En raison de cette circonstance, il m'a paru intéressant d'imprimer, à titre de document, le *Livre latin des soixante-dix*, comme complément des textes arabes publiés dans mon troisième Volume de l'histoire de *la Chimie au moyen âge*.

Afin d'en rendre l'étude plus facile, j'ai souligné un certain nombre de titres et de mots caractéristiques, tels que les titres des Livres ou Chapitres, titres dont plusieurs oubliés sont représentés par leurs *explicit* finaux; lesquels seront également soulignés.

De même les titres des autres Ouvrages de Geber, signalés au Kitab-al-Fihrist, ou cités au cours de l'Ouvrage actuel, et dont la citation constitue une des preuves de son authenticité.

De même encore les mots symboliques : sang, œufs, cheveux, sperme, etc., dérivés du symbolisme gréco-égyptien des prophètes cités dans Dioscoride et dans le Papyrus V de Leyde (1), ainsi que de ceux des alchimistes (2); comme il résulte, expressément d'ailleurs, d'un texte de l'*Alchimie* d'Avicenne (*La Chimie au moyen âge*, t. I, p. 303). Toute cette nomenclature a joué un grand rôle dans les écrits des alchimistes latins du moyen âge : les symboles ayant été parfois pris au pied de la lettre; tandis que dans la plupart des cas l'interprétation mal connue de leur sens caché jette une grande obscurité sur le caractère réel des pratiques et opérations.

J'ai souligné surtout ces mots lors de leur apparition, au début des Chapitres où sont développées les manipulations où ils figurent comme matières premières, ou comme produits.

Enfin j'ai encore souligné l'apparition des mots et des doctrines relatifs à l'élément radical des choses, aux doubles propriétés, occultes et apparentes, des différents métaux et autres substances, à la doctrine des quatre éléments et aux interprétations et applications subtiles qu'en donne l'Alchimie : doctrines qui jouent un si grand rôle chez les Arabes et chez leurs disciples occidentaux.

Ces diverses indications sont indispensables pour jalonner en quelque sorte le plan du *Livre des soixante-dix*.

Les mots illisibles seront remplacés par des points.

---

(1) *Introduction à la Chimie des anciens*, p. 10.

(2) *Collection des Alchimistes grecs*. Traduction, p. 4.

LIBER DE SEPTUAGINTA TRANSLATUS A MAGISTRO RENALDO CREMONENSI DE LAPIDE ANIMALI (1).

LIBER DIVINITATIS (*qui est primus de septuaginta*).

Laudes sunt deo habenti gratiam et bonitatem et pietatem et misericordiam, qui donavit nobis rem quam non meruimus apud eum ut tribuerit nobis. Sint ei grates, sicut nobis tribuit propria bonitate sua quod aliis denegavit, nobis quia dedit ex eo quod magis erat commune, propter nimiam dilectionem quam in philosophia habuimus; deditque nobis inde quod justum fuit. Jam preteriit *prologus* librorum nostrorum in hac arte quam vocant philosophiam, eo quod ipsa sit finis totius philosophie. Fuit ergo necesse componere libros ex quibus exponam ea que promissa sunt ex meis verbis, et intentiones meas extraneas, et alienum quod occultavimus in locis diversis et sciensciis aliis. Erunt enim hii summe librorum nostrorum, qui promissi sunt et qui sequuntur. In hiis namque admnistravimus quidquid est necessarium. Feci autem hos .lxx. libros, et in unoquoque eorum posui scientiam aliquam. Aliquo nomine ipsum nominavi.

Hunc vero librum primum nominavi *librum divinitatis*, in quo dixi principia quibus res maior apprehendi potest. Dico ergo quod maior scilicet res maior est *de animalibus*. Non est ergo nobis necesse *minias* et *silvas* scilicet, *lapides* et *vegetabile*. Non enim inquirere rem cum scientia, sicut querere ipsam absque scientia. Et hic est unus ordo. Decet ergo ut sciamus ex quo animali sit res ista (2).

Dico ergo quod hec res calidioribus, id est melioribus omnibus, scilicet ex homine, cujus *complectio* sit *colerica* et in quo *equalitas :* sicut illi qui sunt de alam (3) et insulis aliis et *India propria;* et magis proprie qui sunt de India, que est versus medium celi et occidentem, et in interioribus *Egypti*. In omnibus enim Egyptiis [fol. 66, v°, col. 2] est tenuitas et in illis de *alam* (3). Similiter : hii sunt calidiores aliis, et etiam similiter in silvestribus animalibus est acuitas et tenuitas et caliditas, que multorum sunt generum et diversorum. Qua propter hunc diversas naturas et

(1) Bibliothèque nationale, ms. latin 7156, fol. 66 v° col. 1.

(2) Respective dixit commune: tractare enim de terrenis magis est commune quam de celestibus, et simile scientia et immutatio eorum, qui querunt cum scientia operantur, et qui absque scientia equaliter operantur. Posset dici quod calidiosa animalia sunt quam homo, vel vacce; vel oves et ideo sequitur de melioribus quia homo melior. Nota animantum vegetabilium et lapidum maiorem tincturam.

(3) *Alammar*, les Rouges, c'est-à-dire les Éthiopiens, d'après M. Michel Deprez.

usus diversos, secundum sua loca. Sumant ergo calorem ipsorum, sicut vaccarum et ovium et reliquorum animalium. Et quod ex unoquoque animalium acceptum fuerit, separatim per se ponatur, et tunc apparebit in eis. Hoc quam nisi ei qui non legerit hoc hunc meum librum, nisi donaverit ei deus fortuite. Ipse enim largitur cui vult. Et similiter si contingeret alicui homini, ut in principio lectionis, vel post multas lectiones, vel in principio operationis, aut post multas operationes, ut (non) intelligerent illud ex meis libris; infortunatus esset et esset sicut ille cui deus nichil tribuit. Non ergo calumpnietis me super hoc. Jam ergo ostendi unde sumendus est lapis iste. Et hoc est ut corpus lapidis sit ex meliori animali. Jam ergo tibi testor ut scias quis sit lapis.

Nunc autem redeo ad id quod dixi in alio libro. Sed nos exposuimus in hiis libris res que appropinquantur aliis. Necessarium est ut dicamus quod inveni.

Hic incipit *liber radicum*. Dico ergo quod nomen lapidis est possibile : non est ut dicatur. Non enim possumus ipsum dicere : operando tamen et complendo dicemus post elongationem. Tamen non est magnum ut cum aliquis acceperit ignem; non accipiat, nisi cum experimento. Et scias ipsum.

Dico ergo quod lapis ex homine assumptus feliciter. Scilicet illud quod habundat in eo in vere. Qua propter ipse animal quod colorat corpora extrahatur ex eo ipsum : cum fuerit *colericus* aut *sanguineus,* vehementis coloris. Tunc enim una virtus *colere,* que est ignis; erit constans *sanguini* et aliarum rerum virtus. Per deum istud est propinquum.

Dico autem quod lapis iste est ex *quatuor elementis* : ex *igne,* qui est *calidus* et *siccus;* et *aere,* qui est *calidus* et *humidus;* et *aqua,* id est *flegma;* et *terra,* id est mineralia.

Sume ergo quod elevatur; id est extrahitur de corpore hominis scilicet, cujus proprie est natura. Hoc secundum caliditâs et siccitas .iiij. elementorum. Per deum illud est propinquum. Et si non intellexeris hoc [fol. 67, col. 1] meum verbum, non applices huic arti te. Non enim tibi est necessaria, neque applicabitur tibi.

Postquam ergo diximus unde est lapis et quis est lapis, tunc dicemus in quo tempore (1) sit sumendus.

Dico ergo ex hoc elementum habundat in vere et in estate. Oportet ergo ut sumatur inter istud et illud. Et est in .xij. die mensis secundi veri, et oportet ut sumatur *post introitum solis in arietum usque ad introitum ipsius in taurum.* Hoc enim tempus amplius augmentatur in veri quod.

Hic *incipit* liber radicum.

Dicam ergo quis modus sit optandi ipsum. Dico ergo quod oportet hic lapis distilletur sole in ariete et tauro. Non tamen dicam quomodo distillatio est hec. Hoc enim

(1) In hoc libro docet quando sumendus est lapis animalis et in generali docet te ejus preparationem. Loquitur etiam de lapide *herbali* et *vegetabili.* In ... supervacum. Itaque videtur tibi illud designare nomine quod numquam a te recedit. Quod si vixeris, tecum et vivit; et si intereris,.

liber radicum. Dicam autem in hiis que sequuntur de septuaginta. Hic vero videtur liber non est nisi de *radicibus,* que sunt necessarie majori operi. Dico ergo quod, postquam separaverint *aquam,* separant *adipem* et *calorem;* ab adipe erit *terra.*

Et custodiant ea et oportet prius ignem antequam adipem, et postea figant cum terra et aqua postea. Et est prima. Et adipem et ad terram que sunt insimul postea extrahe et prepara, sicut diximus. Nos vero postea affirmemus hoc. Intellige ergo hoc bene et quod superest oportet ut bene custodiatur ne dissipetur. Omnia enim hec elementa sumpta sunt ex lapide.

Hec omnia ergo sunt *tipica,* id est *figurativa,* et (qui) sunt in hac arte subtiles, debent intelligere. Hic autem dico non ulterius tipice profectum aliquid. Nunc autem redeam ad sermonem nostrum.

Oportet ergo ut serves unumquoque elementum quod evadit de hiis elementis, sicut ostenditur. Hec ergo est tota necessitas qua indiget lapis in regimine. In purgatione regiminis autem est, ut quando acceperis lapidem in tempore suo.

Hic est unus ordo et distillatio.

Alius ordo et clarificare aquam et adipem et terram et ignem. iiij ordines et pondera unius ordo et commixtio; nam adjunctione unius ad alterum tantum, sed omnimoda conversio est ordo unus.

Hec est ergo summa ejus quod premissum est.

Inhumare quoque est unus ordo et certare cum sargun, id est stercore, est unus ordo : quisque horum est ordo certare, vero est in fine.

Scias ergo quod ista sunt *radices* lapidum. Dicam ergo sunt definitiones uniuscumque harum rerum. Nos vero dicimus in hoc libro radices hujus lapidis et quomodo est ipse ejus regimen. Regimen ejus dicam in libris nostris qui secuntur hunc.

Scias aquam quam seorsum posuisti aliquantulum citrinam distillabis, sicut distillatura rosea et quod nigredinis romanebit in fundo, misceris cum predicta terra. Et hec est aqua principalis in fimo, et non cures de septingentis distillationibus, sicut dixit [fol. 6ⁿ, col. 2] iste auctor *Geber in libro septuagesimo* (1).

Aquam necessarium fore inhumari post primam distillationem. Et post distillationem secundam, inhumari debet cum humiditate. Et postea distilla, cum instrumento compresso alkerasam, id est cum brusco. Et ejus distillatio dicta sit quod ad suum perveniat terminum.

Et scias quod adeps est quod distillat cum sargum prima distillatione ejus cum virgis de . . . mirti et de sargun. Quod si non distillaverit, redi ad distillationem cum mirto. Et scias quod tantum valet distillatio adipis, cum quantum valet instrumentum *terre* inter duo vasa et *ignis;* sine quo non potest esse, donec fiant animalia.

Et postea distilletur cum mirto et post illud cum sargun, donec per suum perveniat finem. Et hoc est ut ponas in ipso tabellam eream aut ferream, aut alias res, et extrahas

---

tecum ipse obit morte. Alibi in martio, aprili, maio, septembri, octobri, alibi invenitur. Quod omnes lapides prius debent inhumari sub fimo equino per mensem, antequam dividantur et nomine mensis secundum philosophos intelligimus quindecimos dies : scilicet statim quando sumitur prima distillatio.

(1) Interpolation ou glose passée dans le texte.

coloratas colore laudabili. Scias. Deinde separa aquam et distilla ipsam in instrumento compresso, cum virgis. Et accipe eam et pone in loco aeris temperati. Et custodi bene ne dissipetur. Et custodi a pulvere et calore et frigiditate, usque ad horam necessitatis....

In principio vero hujus nostri libri diximus res pulverationi necessarias; que est gravior omnibus pulverationibus in hac arte et fortiori (1). Scias hoc. Postea rege terram et pulveriza eam multum. Postquam facta fuerit alba, donec facta fuerit *spiritalis* volans. Postea fige eam post illud. Et quanto plus pulverizabis eam et figes, erit vehementior colorandum et velocior ad apprehendum, et retinentior ad penetrandum. Et post illud sequitur commixtio et pondus ejus. Oportet ergo ut commisceatur, secundum quod dicam, et postea inhumetur postquam inbibita fuerit.

Operatio vero hujusmodi duobus modis est : aut distilletur et postea reducantur super ipsum illud quod distillatum est, et terant optime, donec ex eo nichil distillet et sit fixum. Et hoc est ejus via. Aut dent ei aquam ad potandum et humetur. Et postea redeat super ipsum ad operandum sicut antecessit; scilicet in postremo ejus. Et hec est via secunda.

Postea da ei pondera sua sue *anime* et sui *spiritus;* donec habeat parum minus de quod debet habere; dein humatione et distillatione: non amplius. Deinde de *anima* sua da ei et suo *spiritu;* donec sacietur quantum oportet.

Modus vero *cerandi* (2) est talis : ut mittas super ipsum quod remansit de sua *anima* et de suo *spiritu*. Hoc ergo est melius [fol. 67, v° col. 1] quod est in hac re. Scias ipsum.

Jam affirmavimus de hoc magno capitulo quod sufficit et quod necessarium est. Dicam ergo post illud de opere animali : homo... rei majori.

Dico ergo : quod quando acceperimus ignem *capillorum* et posuerimus super eum ignem *lapidis* majoris et ejus *aquam,* aut ejus *adipem,* aut ipsius *terram,* erit error magnus. Nisi secundum modum quem dicam oportet ut separatur ignis ab omni re; sicut separatur a lapide, quoniam est una. Si ergo dixeris in responsione hujus quod nos separabimus ignem *capillorum* aut *animalium,* sicut extraximus ignem *lapidis*, dicam ergo quod erit error. Hoc autem jam diximus in *libro nostro qui est de centum et duodecim,* qui vocatur *liber secretorum,* in quo dixi causam hujus : et non sufficit michi discere hic solum. Dico ergo quod oportet tibi ut temperes ignem lapidis in una re, et in duabus, et in tribus, et quanto plus addideris, erit melius et tempera ignem inventum alicujus speciei. Et si feceris eumdem effectum in omnibus experimentis, tunc ignis illius speciei est ignis lapidis. Et si diversificaveris, reduc cum regimine ad ignem lapidum. Hoc quidem sufficit tibi ad discendum lapidem, nisi semel indiges: enim lapide ad sciendum opus ignis ipsius. Cum ipso enim temperabis

(1) Qua omnia distillata in principio et in ipso instanti quando distillatur, si cum eo aliam inceretur, denigra, et corrumpit; et hoc propter vapores corruptos quos retinet ex distillatione. Quare debet poni in ampulla vitrea et claudi cum cera et poni in fovea sub terra, in arena que sit in circuitu.

(2) Cerare est de aquis distillatis super cineres aliquid sublimatum imbibere : ut sit facilioris solutionis tali molendo super marmor. Nota quod dictus *ignis* a quolibet lapide eodem modo non extrahitur. Cujusdam partis animalis que de hoc genere *sanguinis,* scilicet de *capillis.*

ignem specierum. Hoc quoque sufficiet tibi. Si non inveneris lapidem et postquam sciveris effectum ignis ejus verum, produc ipsius similia. Et recordare nisi prius promisissem quod nil occultarem et non explicarem, tantum tibi immo auferrem intentionem ei qui posset intelligere : ejus vero inventio est facilis. Non autem feci hos libros, nisi non intelligenti.

Nostri autem libri ei qui intelligit sunt *libri antiquorum*. Non ei exposuimus nisi non intelligentibus. Intentio igitur nostri sermonis inducit ipsius similia, ut prepares quamcumque speciem volueris. sicut proparasti ignem lapidis. Et considera effectum ejus cum effectu ignis lapidis. Et si fecerit quantum ipse, tunc ipsemet est. Quod si non fecerit, produc eum ad illum ordinem. Ipse enim est imperfectus. Et perduc ipsum cum operatione, que est applicatio horum elementorum, quoniam sunt specierum. Quia non sunt lapidis ad ordinem elementorum, que sunt lapidis, cujus precessit narratio.

Similiter fac cum [fol. 67 v° col. 2] *adipe* et *terra*. Id'enim sufficiet tibi, loco ignis, lapidis, et terre ipsius, et adipis ejus. Sunt sumpte ex genere cujus lapis est species. Quod si aliquis dixerit que est nostra necessitas lapidis et quare exaltamus ipsum super has omnes species, dicemus si quod propter multas bonitates que sunt in eo. Quarum una est quod invenies in ipso de naturis perfectis, et non invenies in alio lapide. Et quia nos voluimus invenire illud ex istis speciebus elementorum; nisi ex comparetur ipsi et non parveniunt. Ipse in principio operis quale illud in principio operis. Iste quoque perveniunt ad ordinem lapidum port iterationem ipsarum. Lapis vero postquam iteratus fuerit semel, tantum valet quantum ille centies iterate. Et melius quod est in eo est digon, et digon quidem est equalitas et applicatio ad complementum. Quapropter honoramus ipsum. Et postquam ipse est magis propinquus in operando quam ille. Decem enim propinquior est quam centum.

Sine dubio tunc jam cum hoc completa fuerit res lapidis et virtus sui effectus. Et in hoc sunt intentiones magne et multe quas s[ap]iens (?) non potest comprehendere. Sapientia enim auctoris libri est major libro, et non potest dicere verbum usque ad diffenitionem scientie. Et manifestum est quod magister affereret primum sine radice, et potest afferre secundum cum radice et sine radice; sicut primus inventor autem de radice generati primi quod fuit sine radice. Scias hoc. Et propter hoc est manifesta nostra excusatio in nostra dimissione aliquorum verborum hujus questionis et expositionis ejus.

Ergo jam demonstravimus rem *animalium* cum eo in quo et sufficientia. Scias autem quod magistri posuerunt lapidem loco primo et posuerunt *animalia* loco ceraturarum. Ipse enim est radix. Ergo quod ex eis declaratur consequitur majus elementum, quia quod non clarificatum est de rebus secundis secundum habitudinem suam. Hic ergo est in *animalibus* et nos quod explanabimus quod est in eis. *Animalia* enim habent ordines quorum quedam addunt super alia.

Lapis vero philosophorum est secundum unum terminum, secundum quem numquam trascendit, et secundum unam habitudinem animalium. Secundum quantitatem augmenti sui, vel diminutionis, est operatio in rebus que quoque habent ordines in operationibus, cum virtutibus, et proprie queque species. Scias hoc ergo, quomodo ego dicerem hoc verbum tuum in re una scias. Lapides vero et arbores extinguitur etiam in

loco lapidis. Et queque species earum rectificat lapidem, secundum quod diximus jure specierum generis lapidis, equaliter in tempore, et in parvitate sue subtilitatis et in multitudine subtilitatis sue radices. Enim [fol. 68, col. 1] omnium rerum sunt ex elementis compositio vero dictorum generum posteriorum diminuta ab ordine illius generis; que non est nisi ex quatuor elementis. Hec tamen duo genera debent in opere suo esse sicut illud genus.

Radix enim est una. Quod si aliquis dixerit : quare ergo diversificatur in saporibus suis, et in coloribus, et in effectibus. Nos dicemus quod jam diximus in hoc nostro libro quod causa hujus est augmentum et diminutio elementorum que sunt in eis. Hoc ergo est quod spe[c]tat ea ab eo; sicut tenebre non permittunt lumen visus pervenire ad luces divinas, prosper paucitatem claritatis et tenebrarum multitudinem.

Jam ergo ostendi tibi radices hujus magisterii in hoc lapide, qui est species generis et genus totum; cui adjunximus duo genera posteriora ad hoc, ut compleatur sermo. Et jam suffecimus in hoc *libro de centum et XII;* nisi invecti sumus in eos qui volebant destruere hoc magisterium. Tibi autem dico quod quicquid ex mundo componitur in communi in unaquaque illarum specierum, est mundus secundum probationem rectam. Hoc vero jam ostendi tibi in metris meis et ostendi tibi secreta lapidum et quod ei necessarium est. Ergo oportet tibi ut memoriter tentas subtiliter (cum) operari volueris hunc lapidem.

Debes ergo scire quod due operationes sunt hujus lapidis. Quarum una est excellentior : ejus auctores jam non sunt.

Secunda vero est in ordine secundo et est multo minor. Jam vero large locuti sumus de eo in nostro *libro* qui vocatur *unus per se;* et large locutus fui de intentione majore in *nostro libro* qui dicitur *elementum yrci,* qui est primus nostrorum *librorum centum et XII.* Secundum philosophos in intentione vero majore quam qui fecerit secundum quod dicunt philosophi; non indigebit redire ad ipsam. Jam locuti plenarie fuimus in nostro *libro qui dicitur intentio intentionum, qui est ultimus C et XII.* Si non in volutione, hoc autem est specialius in omnibus nostris libris, a principio ipsorum usque ad finem in dicto et facto. Dicam autem post istud capitulum quod est minus isto in opere suo et tempore, et complebo verbum in ipso super duo genera postrema in locis suis. Non autem oportet ut omittas hec accidentia que dixi tibi in hoc meo libro. Si volueris capitulum majus scire. Scias hoc bene. Jam tibi bene consului et non occultavi tibi litteram aliquam.

Liber capituli (*qui est secundus de septuaginta*).

Jam antecessit nobis autem hunc librum liber in quo diximus *indices.* In hoc vero dicemus libro opus horum antecedentium secundum me- [fol. 68, col. 2] diam viam. Jam hominavimus hu[n]c nostrum librum capitulum in nostro *libro qui dicitur ordo legendi* nostros libros; in quo promisimus nos dicturos opus *capituli majoris* in .xl. diebus. Et ego incipiam complere sermonem in eo. Scias quod illud completur in .xl.

diebus, cujus colorationis quantitas est tanta quanta est quantitas ejus. Quod diximus in *centum et* XII *libris operis secundi primi capituli,* et ejus virtus et ipsius effectus et ejus tempus .xl. dies. Hoc autem opûs et quod sequitur post ipsum est secundum istum ordinem.

Ordo autem *est talis,* ut scias quod si cum hiis omnibus operibus inciperit discipulus inusitatus, erit error magnus. Ingredientur super ipsum multe egritudines diversarum manerierum. Veritas autem est ut incipiat discipulus ab opere *capituli majoris,* secundum viam veriorem expositionis operi secundi. Sed omnes philosophi non dixerunt hoc, neque concesserunt nisi opus primum est secundum....

Hoc autem totum dicemus in *libro nostro qui dicitur intentionis;* et complebo in eo sermonem expositum.

Nunc autem dico hic quod opus rei majoris est secundum .iiij. *quatuor* modos; quorum primus est opus primum et est prolixius; et secundus est ille quem vocant opus secundum. In hiis vero ambobus complevimus jam sermonem in libris de *centum et* XII. In primo tamen est occultatum, in secundo planum, et *opus secundum* est ejus abreviatio. Et est illud quod est in hiis .lxx. et quidquid est in libris istis est operis secundi. Quecumque vero est *ex animalibus* non habentibus finem, est propinqum; id est tincture operi secundo. Et ego dicam illud usque ad finem et similiter *in herbis* et *arboribus* complebo sermonem.

Hec autem duo jam premissa sunt, et postea abreviabo ex secundo tertium, scilicet *opus tertium;* et hujus causa est longinquitas fieri operatori. Ergo excogita ut quod completur in dies compleas in una die. Et si non purgabitur purgatione completa, erit diminutum et minuetur ejus effectus. Totum hoc non est nisi, propter parvam velocitatem. Et propter magnam necessitatem factum fuit hoc opus tertium. Et est nostra locutio in nostro *libro de triginta.* Et similiter est scientia *in lapidibus* et *in arboribus;* secundum hoc antecedens quod diximus. Et propter paucam velocitatem et multam necessitatem. Et propter illud separavimus inter unumquidque eorum, nec unum opus egrederetur aliud; quia confunderetur totum. Et ideo fecimus ipsum solum, ut discerneretur a suo compari. Et *opus quartum* non est comprehensum ab istis tribus. Sed ejus prolixitas propter illum qui operatur sicut primum, est difficile. Et illud est sicut *capilli* et sicut *ova* et eorum similia. Et ex *lapidibus,* sicut *aquila* et sicut *sponsus* et eorum similia.

Hoc autem non sequitur illa. Non ideo quod sit impossibile ipsum pervenire ad illum ordinem; sed propter prolixitatem temporis, sicut si aliquis vellet extrahere ab opere granum unum quaque die, in multo tempore adunaret magnam [fol. 68, v°, col. 1] remzin agregatione; vero horum granorum expendere tempus non est utilitas.

Liber ducatus (*qui est quintus de septuaginta*).

Jam premissi sunt .iiij. libri, quorum unusquisque est appropriatus cum aliqua manerierum capituli majoris, in propinquitate preparationis et in ejus elongaminitate et quanto magis processerit liber mundati (?) in ipso tempore secundum, quod descrip-

simus. Et iste quintus vocatur *liber ducatus,* in quo dicam capitulum majus tempore XX dierum et complebo in illud sermonem; sicut complevi in eo qui precessit sine obscuritate. Scias quod fiducia philosophorum in capitulo majore est secundum duas res, quibus adjungitur tertia. Ergo sunt res. Et cum preparator prepa[ra]verit in multo, minori tempore poterit eas preparare. Et sunt dividere naturas lapidis et mundare eas singulariter et cernere lapidem. Et postquam cernaveris eas, post mu[n]dificationem jam dictam ad conjunctionem dictam apparebit tinctura ejus dicta. Et hoc est unum ex operibus ejus. Dividere vero jam ostendimus tibi in *nostro magisterio de tinctura et oleo,* videlicet cum separavimus ea et credas ex illud quod superfluit ex ipso. Non est huic capitulo conveniens, propter elongationem temporis illius et propinquitate temporis istius. Et ego dicam preparationi hujus convenit, ut colligant lapidem in diebus suis, et ponant in suo instrumento, et accendant sub eo ignem debilem; donec egrediatur aqua alba et clara. Propter debilitatem ignis, reconde eam, quoniam est mundata; et vigora ignem quando distillatio removetur. Et postea incipit citrina et aurea et rubea. Et dimitte in receptaculo de primo parum, et vigora ignem. Et quando distillata fuerit distillatio, non removeas ignem, donec pretereant tres hore, ne distilletur aliquid. Et postea separa oleum, et distilla aquam primam cum alkeiseran et instrumento. Ter distillabit enim cito in una hora diei. Et ita hoc ter reconde mundatum completum. Et postea sublima *oleum* cum *virgis mirti,* et sint descendentes in eo parum. Quoniam tinctura non omnino sublimatur, et illud quod fuerit sublimatum est oleum. Et in hoc sunt duo modi.

Aut ut distillat ipsum quoniam aqua et oleum distillantur, et elevatur oleum super aqua ex qua sumatur; aut aqua ex eo coletur; et hoc est magis usitatum.

Et modus secundus, ut sit cum eo in preparatione, quoniam aqua erit secundum duos modos : aut ut siccetur aqua tota, aut ut supersit ex ea parum et congelatur oleum, aut dividitur ab ea. Tali divisione quod non remaneat in eo ex aqua, nisi parum. Et quando cernis ipsum, siccabitur aqua illa. Et hoc est secretum quod querunt in oleo. Et hoc est quod quando aqua fuerit cum eo in distillatione, licet olei natura sit humida, custodit [fol. 68, v°, col. 2] ipsum ab igne, ne comburatur. Et accipe ex aqua plus quam ex oleo; quoniam aqua est ei contraria. Ergo apud te jam tunc est oleum mundatum.

Accipe ipsum sic purgatum, et pone in cucurbitis parvis unius palmi et compone ... capitibus earum curvatis usque ad vallem alembici. Et debilita ignem, et distilla ipsum ter. Et habet signum apparens in distillatione. Et distillatio fit cum humiditate sua. Ergo humiditas erit primo ordini, et ideo diximus ut sit aqua fervens. Ergo ejus distillatio cum illo est sue distillationi in amargel et aqua. Et illud quod est. Post illud est siccum. Et homines errant, cum volunt distillare ipsum cum mirto. Cum siccitate, quoniam sublimatur eis, antequam ingrediatur virgas post tres vices vel quatuor. Et nos querimus illud signum, donec videmus ipsum; et ipsi fugiunt ab eo modo. Scias post hoc. Distillatio olei secundum tres modos : distillatio cum humiditate, aut in humiditate. Et hoc numquam dixi, nisi sepultum in multis verbis. Et est primus ordo et est necessarium.

Secundus vero est cum virgis in cucurbitis discohopertis ad ignem; donec sublimatur in cucurbitis, antequam sublimetur cum *mirto.* Et hic est ordo, et cum pervenerit ad

hu[n]c ordinem, mitte ipsum ad preparationem. Et hoc est ut facias ei cucurbitas compressas. Et compone ipsum in eis. Et itera ipsum : quoniam secundum quantitatem iterationis (1) erit clarum et secundum quantitatem claritatis tinget.

Ergo istos ordines istos dictos non pretereas in preparatione, ut sint ea que sunt sparsa nobis in multis verbis et hec sunt agitata. Ergo assume oleum, et prepara cum aliqua illarum preparationum, donec perveniat ad finem termini. Et jam fortasse op[er]atur ante illud. Et ejus terminus est talis quod ipsum mollificat *Martem* [fol. 69, col. 1] et tingit colore *Lunam* et *Venerem*. Et scias hec et cum perveneris sic, reconde ipsum et scribe super totum quod recondis; et serva numeros et colores.

Postea sume ignem qui remanet in fundo cucurbite, cum est distillatio olei facta. Et tere ipsum super tabulam vitream. Et ipse est fetus vel fereus. Et adjunge ei terre cum ipse retinebit eam. Et hoc est revelatio magni secreti. Et incipe prius preparare terram : hoc est ut ceras eam cum aqua bis aliquot diebus, donec sit sicut magnetum. Postea exsicca ipsam ad solem, aut in cinerem. Et itera triturationem, imbibitionem et exsiccationem secunda vice et tertia. Et sit imbibitio et exsiccatio in athanor de bile cum stercore. Et itera opus tribus vicibus. Et in tribus vicibus erunt .VII. imbibitiones et tri assamenta et fiet color terre. Et tere et inbibe ex prima aqua, et assa in igne fortiore, primo et cum biberit tres bibitiones fortes, et assata fuerit tribus bonis assationibus. Et qualibet vice fortior factus fuerit et trituratio et imbibitio. Et non levaveris manum a trituratione, nisi ipsa sit sicca; et non assaveris, nisi ipsa sit sicca. Et reduxeris eam ad athanor cum multis lignis. Exibit alba et bona.

---

(1) Quod secundo distillatur si croceum cum rubea est aer, id est oleum mixtum cum igne, quem separabis. Pone in cucurbitis magis longis et strictis quam prime erant et imple ex eis usque ad medietatem et da ignem. Et quod distillabitur erit rubeum et illud quandoque dicitur ignis purus et mundus. Si non omnino purus, quoniam adhuc est oleum ibi; sed quod remanet in fundo est; vere ignis sine oleo extrahit, ad nigredinem et rubedinem et est quasi terra et fex mollix. Pone ipsum in vase vitreo in fimo. Postea quod distillatum est rubeum distilla; sed partem aliquam reserva et distillabitur; erit de colore laterculi olei, scilicet ... et est magis citrinum et hoc est oleum nostrum, *oleum philosophicum*. Hoc oleum colorat et figit et bullire facit et indurat res humidas et corpora non bona colorando facit bona, et de *Marte Lunam*, et de *Luna Solem*. Et bonum est quod illud oleum rectum distilles : et si quid remanet in fundo cum predicto igne misceas. Sic debes operari de igne : habeas tabulam marmoream vel vitream, cum molari vitreo; et tabula habeat orellas duorum digitorum, et mole desuper ignem, ad calidum ignem, cum magna fortitudine. In alia parte invenies residuum istius glasule que incipit sic in calidissimo sole nisi moles non sit pulvis, et ita mole cotidie a mane usque vesperum; et incipit paulatim spissari; et ita molendo per mensem philosophicum. Post collige cum spatula ferrea et pone in vase vitreo parvo subtili, et pone in fimo per .iiij. dies. Post trahe et iterum mole ad calidissimum solem et super unamquamque libram istius ignis pone unam unciam predicti olei citrini vel olei mirti de citrino et rubeo quod servasti. Et ita moles per alium mensem philosophicum, id est per XXX dies; donec induretur in modum lapidis vel plumbi, vel saltim cere, et non cures de virgis mirti vel alcaisseran de quibus loquitur auctor.

Alia preparatio ignis : pone lapidem marmoreum cum igne, leva super cinerem calidum et dabis ignem cineri. Et mole ignem per XV. dies, ut scilicet ut cum hoc igne rubificabit Mercurium. Hunc ignem conserva in vase vitreo sub fimo. Et inde ne incipias molere totum ignem, sed partem. Et quando incipiet inspissari et indurari, appone paulatim de igne non indurato et cum eo imbibe. Et hoc est ignis philosophicus ad solem.

archanum et non dicam, nisi singulariter. Et hoc est una pars ignis et tres terre.

Jam, per deum, bene dixi vere; enim sunt .iiii. et non sunt V.

Jam habes *aquam* et *ignem* et *terram* et *aerem*. Sed aqua non indiges et residuo ignis et terre et illud quod habes de terra preparata sicut ignis est illud quod times non vivat. Tere ergo ipsum, sicut trituratio prima, et converte preparationem. Et hoc est ut teras ipsum sicut medulla et postea inbibas ex oleo claro quamque partem ex media parte. Et cum triveris, inbibe ex quarta partis et mitte in commam et inhuma in sargin. Colorabitur enim et mollificabitur et magisterium in eo ut extrahatur in hac bona ut consumetur. Postea mitte ipsum in unum terraceum et pone aliud desuper et non lutes nisi juncturam solum. Et postea accipe illos colores. Et hoc est in die una, si fuerit sargin bonus. Et postea inbibe ex quarta secunda et tere ipsum bene et reduc ipsum. Et ita facies donec convertatur in aquam. Postea extrahe, et cola, et congela super ignem debilem.

Congelatur enim in lapidem. Et hoc est secretum quod afferam post istum librum in suo fine. Et est in solutionem facere. Et cum congelabitur, inbibe ex oleo et aqua prima et unum ante aliud. Et tere ipsum bene et postea assa, donec siccetur plus quam prius fuerit. Et extrahe et projice in tincturam ejus quod diximus. Et hec preparatio est magis completa, et expositio hujus erit in *libro qui est post istum*. Ego explanabo, si deus voluerit, sicut enim potest esse. Quod afferamus expositionem veritatis, ut ejus divisionem similiter afferam. Et hoc est complementum capituli; ejus vero expositionem quam diximus ego dicam.

Oportet quod scias quod quando se voluerit post inbibitionem olei et fecerit se aqua, [fol. 69, v°, col. 2] ejus tinctura iteratur et multiplicatur. Et multiplicatio non est nisi hec et cum iteratione solutionis et congelationis. Scias hoc. Et si in nostro non fuisset nisi hoc esse in magnum lucrum. Et non scies fructum ejus, nisi cum proieceris. Postquam complebitur non diminui capitulum et preparatione illius longi propter diminutionem preparationis. Sed nos jam diximus in nostris libris quod nos faciemus lucrari sapientiam in hoc libro in ordine majore, abreviando preparationem et appropinquando tempus. Et non dimittas hoc secretum, quoniam nullus melior. Hoc et est verum et non fuit nisi cogitatio. Sed nos posuimus illum verum, et erat nichil et nos dimisimus in verum. Et accipe ex aqua parum et congela ipsam. Et prepara eam cum eo quod diximus de preparatione ejus. Et postea funde ipsam et tingas cum ea. Et scias quantitatem operis ejus, et majore id quod diximus tibi de *pilis*.

Postea redi ad distillandam aquam in cucurbitis parvis, et separabis ex ea aquam oleum et ignem et remanebit terra. Reccinde aquam super terram, donec bibat eam totam. Postea inbibe eam ex oleo et tinctura in uno loco. Et postea fac cum ea in fine colorum quod diximus de ea. Postea congela parum ex ea et prohice, quoniam tinctura multiplicabitur. Fac ita, donec perveniat ad ordinem. Et scias quod colores quas accipis ex ea in tota preparatione sunt ipsimet qui sunt in capitulo majore; neque adduntur neque diminuuntur. Et apparebunt tibi in preparatione tota, sicut apparebit tibi in majori capitulo. Non additur aliquis color, licet sit iteratio multiplex. Et hoc est quod est in ea de secretis magnis in ista preparatione extranea. Et sicut fuit necessarium ut alteremus hanc preparationem preparatam, ita alterabimus iterationem cum augmento, donec perducamus ad majorem ordinem. Et hoc est consequens, quoniam radix est una.

enim remanet in cucurbita, postquam ipse finitur, et ipse non est differens eam. Si enim nos faceremus fervere unam unciam aque rubee, finiretur tota nisi parum adherens et est ignis et est ea que rectificat oleum. Qui ergo sciverit quo modo tenetur illud *oleum* cum [fol. 70, col. 2] illo *igne,* jam sciet illud quod voluit. Tamen erit hoc nisi cum suavitate post separationem. Et prohibuit quin terra distillata fuisset cum hoc, nisi ejus spissitudo et siccitas que faciunt ipsum esse gravem ad extrahendum. Et nos abreviavimus preparationem in tempore brevi. Distilla lapidem et accipe albam aquam prime distillationis in longo tempore. Et postea vigora ignem et accipe oleum et tincturam. Et seorsum extrahe tincturam et pone in parte. Et oleum seorsum, et pone in parte. Et totum hoc est de substantia currente. Et dimitte tincturam et non utaris ea hic, et postea separa terram remanentem.

Postea distilla substantiam siccam et prohice elementa ejus ad partem ad aliam preparationem, preter tincturam quam ab eis separes. Et ad hanc teneas preparationem. Et si volueris adjunge eam terre distillate ex substantia humida: quia sic oportet te facere.

Postea redi ad aquam et prepara eam. Et hoc est ut distilles eam cum humiditate et postea cum siccitate, in instrumento inpresso. Ut non ingrediantur in ipsum, nisi virge et althrysam, et est bona. Et cave ne sit turbida. Et itera, donec perveniat ad ordinem dictum et tunc repone eam. Et postea prepara ignem et oleum.

Hoc est ut sublimes oleum ab igne et prepara ipsum inprimis, quoniam velociter consumit ipsum aer; propterea quod sue nature simile. Et prepara ipsum. Et hoc est ut sublimes ipsum cum instrumento et virgis mirti cum humiditate ter, et sint in eo de virgis mirti due et non plures. Et claude puncturam et distilla septies, sicut prima vice. Quoniam finis hujusmodi preparationis est ut distilletur. XIIII, vicibus et tunc sit album et mundatur. Reconde ad opus tuum. Et postea pone ignem in preparatione, quod duobus est modis : aut per se solum, aut cum terra. Et si ipsum preparaveris solum, tere ipsum in tabula vitrea, donec integre desiccetur. Et postea consequenter imbibe ipsum ex aqua parumper. Et non videas in ipso gummositatem neque molliciem et prepara terram. Et hoc est ut eam bene teras et inbibas ex aqua prima, quantum est ei necessarium. Et postea assa ipsam in igne debile, tantum ut siccetur aqua et nonamplius. Nec sit assamentum quod aliud agat in corpore. Postea consequenter tere eam et inbibe ex aqua. Donec videas eam sicut medullam. Et postea sicca ipsam super cinerem calidum in sole, cum est melius. Fac hoc tercio et postea sicca et assa eam in urceolo baseri lutato. Et postea tere eam et itera super ipsum opus aliis tribus vicibus. Et postea mitte [fol. 70, v°, col. 1] ipsam siccam et terram in vireolum super ignemfortiorem primo. Et ita facies donec fiat alba. Et postea sublima ipsam in alutel, aut inter duo terracea, donec fiat pulvis et cum fuerit sicut medulla non habens partem terream. In tabula vitrea et adjunge ipsam igni qui est extractus ex substantia sicca, cum vehementi trituratione. Et pone ignem partem sicut scis. Donec recipiat ex eo quod ei detinet secundum quod precessit et tunc completur. Et postea hoc prepara ipsum cum assatione pauca, donec fiant terra et ignis lapis unus. Et tunc inbibe eos ex oleo et assume ex eis colores.

Postea solve eos et congela. Et si velis solvere eos, inbibe eos ex aqua et oleo mixtis. Et postea assume ex eis colores. Et ita facies, donec assumas colores omnes. Post hoc tere ipsum et inbibe ex oleo, et cera ipsum secundum quod diximus tibi. Hoc

capitulum completur in .VIII. diebus. Et prohice unum super mille. Et erit purum. Et si addideris ipsi multiplicabitur semper, donec perveniat ad ordinem majorem. Et hoc est summa que est in hoc libro. Scias eam quoniam jam exposui tibi. Et usus alleviabit tibi hoc opus et ostendet tibi mirabilia suarum operationum. Scilicet illi qui non habeat usum, agravabitur hoc opus; et ita accidit omni homini qui ingreditur aliquod magisterium, donec utatur. Finitus est *liber quartus*.

Liber de VII (*qui est XI^us^ de septuaginta*).

Jam precesserunt nobis libri in quibus dixi *preparationem capituli majoris, secundum numeros qui semper minuuntur secundum unum ordinem, et non sunt isti numeri nisi subtiliter preparati.* Qui scit scientiam et operationem et omnia nostra verba; aliis vero non locuti fuimus neque fecimus, eis nostros libros. Et in hoc libro dicemus in .VII. diebus, secundum conditionem premissarum. Et non potest esse aut in mundo sit tempus brevius hujusmodi preparationis hoc tempus. Et ideo hunc *librum de septem*. Oportet ergo te secundum ipsum operari, postquam ipsum sciveris. Quod si aliquis dixerit utrum hoc capitulum tantum valeat quantum capitulum majus, dicemus sic; sed conditionaliter. Et hoc est ut mutas ipsum ad preparationem completam et tinges, et non cures de ordinibus ad quos elevatur post. Et non pervenit ad difficultatem majoris.

Nos enim diximus majus secundum quod dixerunt *antiqui,* et michi necessarium dicere sicut ipsi dixerunt. Ipsi namque sunt quibus est innitendum. Et diximus post hoc illud quod nos attulimus, quoniam in capitulo sunt multa que non sunt necessaria. Et quia projecimus ea, adbreviatum fuit tempus et jam minuimus etiam cum ei quedam que erant necessaria. Et propterea diminuta fuit tinctura, et ideo reservavimus capitulum in sequentibus, ut reduceremus ad ipsum ex rebus que sunt ei necessarie. Illud [fol. 70, v°, c. 2]. Quod diminuimus ex eo. Et hoc nostrum capitulum est melius capitulo majore. Tingit enim in breviori tempore et consequitur ipsum pro suis proficuis et suis preparationibus.

Postea elevabis ipsum cum solutione et gelatione et temptabis tincturam in unoquoque modo et videbis ejus augmentum. Capituli autem majoris licet sit longum, non videbis tincturam, neque proficuum, donec compleatur. Scias hoc. Quod si aliquis dixerit quare preparantur ignis et terra simul et unusquisque per se, dicemus unusquisque per se est sicut pensum illis. Ideo ut sciatur summa preparationiscujusque eorum per se. Sed preparatio eorum insimul est ad breviandum tempus. Ideo ut sit bona eorum commixtio et non confundatur preparatio addurantur. Si ignis ita invaserit eos, ut comburi possunt, ut unus alium vere tingat.

Due tamen preparationes apud me sunt equales; sed preparare eas ambas est magis calidum et magis propinqum. Scias hoc.

Ergo incipiam a preparatione .VII. dierum. Dico ergo : assume de duobus lapidibus humido et sicco, distilla humidum et ipsum. Et accipe ejus aquam albam et aggrega ex ea multum. Et illa est frigidum et humidum quo indiges. Et postea vigora ignem et

distilla oleum et tincturam, et reconde usque ad horam necessitatis. Et reconde terram et distilla siccum et divide ipsum. Et accipe ex hoc sicco ejus ignem solum et primi humidi aquam et oleum solummodo. Et separa hec tria elementa dicta; duarum vero terrarum res est una.

Accipe eas ambas, aut quam earum volueris, et terra humidi est melior. Ergo accipe omnia elementa humidi, preter ignem ejus, et prohice omnia elementa sicci, preter ejus ignem. Intellige, et nisi promisissem prius quod non obscurarem, per deum, non detegerem hoc in hoc lapide cum sua preparatione uno loco.

Ego incipiam a preparatione elementorum. Distilla aquam primam cum humiditate distillatione una. Et postea pone eam in instrumento compresso et firmo, et cum virga una de althesaram. Et confirma juncturam bene et accende ignem siccum. Distillabitur enim aqua alba clara. Itera super eam opus septies et clarificabitur et mundabitur. Reconde eam. Postea separa ignem ab oleo et incipe ab oleo, quoniam timetur de eo propter calorem temporis.

Distilla ipsum prius cum humiditate et compone super ipsum et instrumento compresso virgam unam mirti. Et si in hoc est obscuritas. Et distilla ipsum septies, quoniam clarificabitur et limpidabitur. Ad necessitatem tuam reconde et cave ne opereris secundo nisi in hoc capitulo. Et non mutas aliquid elementum alicujus libri cum alio elemento alterius libri, quoniam errabis multum, nisi nos preceperimus tibi.

Mundatio enim [fol. 71, col. 1] cujusque libri est diversa a mundatione alterius libri et non est pensum ejus totius, nisi aqua. Ergo secundum limpitudinem aque, erit limpitudo totius. Ideo non accidat diversitas et non mutas additum cum diminuto, neque diminutum cum addito.

Postea reconde oleum et accipe ignem. Et tere ipsum bene et inbibe ipse parumper ex aqua prima. Et postea tere ipsum, donec fiat molle sicut medulla. Et adde illi inbibitionem et tritura conveni. Et sicca ipsum in aere et tere et sicca. Et ita facies, donec pulverizetur et removeatur ejus humiditas. Et hoc est cum inbibitione aque. Quando inceperit siccari, cum forti triturationе, ita, donec consumatur ejus humiditas. Post tere ipsum, bene sicca. Quando siccabitur, postea super ipsum itera triturationem et inbibitionem et assationem, ita donec limpidetur ejus substantia in superficie.

Postea itera opus sic .VII. vicibus, donec perveniat ad illud quod queris. Separa et incipe preparare terram. Et hoc est ut teras eam et inbibas paulatim et paulatim ex aqua prima. Ita fac, donec secundum molliciem perveniat ad illud quod diximus. Et postea sicca et mitte eam in cuzabas et junctura bene obturata. Et mitte in athanor, cujus ignis sit medianus. Et itera sic opus tribus vicibus. Ex qualibet vice vigora ignem, quoniam ipsa egredietur cum colore terre. Et fortasse apparebunt in ea loca alba ex fortitudine ignis. Et cum iterabis non cures, nisi loca illa alba non apparuerint, et tere eam bene et inbibe ex aqua, et sicca tribus vicibus. Et mitte eam in athanor fortis coloris. Et itera opus super eam aliis tribus vicibus. Postea eam tere et inbibe et sicca et assa in fortiore igni quam poteris. Et cum fiet pulvis, erit completa. Operare cum ea in quocumque volueris. *Finitus est liber.*

Liber indicum (*qui est XII de septuaginta*).

In hoc meo libro dicam de *sanguine*. Dixerunt quidam quod exaltatio ejus est super omnes res. Ita est sicut exaltatio ejus super alias naturas et cum distillatur distillabitur ex ipso aqua alba et rubea et citrina, et rubea et terra. Et secretum in hoc est ut in ipso trahatur aqua que fit clara et post distillationem non indiget clarificatione.

Et prima aqua est oleum et congelatur ex ipso sal armoniacus citrinus, parumper declinans ad albedinem. Et congela aquam citrinam et erit aqua prima, cum qua mundas terram frigidam et humidam et citrinam.

Secunda erit calida et sicca et tertia rubea erit calida et humida et terra est frigida et sicca. Et diversificantur in aqua rubea. Et dicunt quidam quod calida et sicca et citrina est calida et humida. Et hoc est melius apud me.

Dixerunt autem illi de *sanguine,* illi [fol 71, col. 2] de *capillis.*

Vos laboratis ad extrahendum ex nostro lapide salem armoniacum. Sed nos invenimus quod ex nostro lapide egreditur aqua que congelatur et convertitur in salem armoniacum. Et ipsi dicunt quod eorum lapis est qui queritur et quod capitulum eorum est capitulum majus. Jam vero demonstravimus causam in hoc et non est necessaria iterum.

Et dixerunt quod preparatio eorum in aqua ita est, sicut preparatio istorum in sua aqua et verum dixerunt. Neque differunt nisi quod injiciunt, vel mittunt salem armoniacum super ipsam. Scias hoc.

Et dixerunt quod melior preparatio eorum est ista ut aqua alba distilletur semel, sicut distillatur *aqua rosarum* post separationem. Et quidam eorum sunt qui cum eo operantur statim postquam separata est.

Deinde distilla aquam citrinam sicque recipiens cohopertum filtro madefacto et congelabitur quod distillatur in salem. Et melius est ut ponas istud recipiens filtratum hora qua separatur a lapide. Postquam absciditur distillatio albi, tunc distillabitur et congelabitur sal et non indigebit iteratione. Et sit sub eo aliquod in quod descendat aqua. Et erit melius et remanebit sal acutus superius parum citrinus. Et cum completa fuerit hec aqua et sal amoniacus, extrahe ex ipsa tincturam.

Tinctura enim est quod descendit in vas inferius. Et postea congela aquam rubeam super ignem debilem. Ita enim est sicut ignis qui egreditur de lapide. Et ideo oportet ut tolletur ut congeletur et melius rerum est ignis alaydan, id est colare, donec siccetur. Et repone ipsum. Deinde tere terram et inbibe ex aqua prima, donec fiat sicut medulla. Et postea sicca ad solem. Et assa. Et ita iterabis opus, donec fiat alba ut argentum. Et ita pulcra et clara. Et sit tua distillatio in oleo quod egreditur in recipiente inferius cum virgis mirti et egreditur lucidum.

Postquam istud totum feceris, conjunge ignem et terram super quodcumque pondus : id est unam partem super quatuor, aut unam super tres, et hoc quidem est commixtio melior. Et postea tere optime super tabulam vitream et inbibe ex oleo distillato cum virgis et tere bene. Et postea assa. Et postea super ipsum itera iterationem et inbibitionem et assationem, donec sit propinquum molliciei.

Deinde pone super ipsum quartam partem almizadir preparati et inbibe ex aqua et oleo. Fiet enim ceratum. Pone ipsum ad dissolvendum et solvitur et postea congela ipsum. Et si non cerabitur, congela ipsum, postquam solveris. Et pone super ipsum de illo almizadir, tantum quantum est medietas prime vicis. Et tere, inbibe ex aqua et oleo. Et solve et congela et postea considera cerationem; reitera super ipsum opus et solutionem et congelationem [fol. 71, v°, col. 1]. Et si non refugerit, scies quod jam pervenit. Et hoc est ejus preparatio apud eos. Et non amplius neque addideris in preparatione ignis et terre, nisi ut indigerent alia preparatione. Et nos videmus quod ipsi addunt preparationem terre et aliis elementis, sicut addiderunt aque. Et plerique prohibent. Et non ponatur super ipsum almizadir, dum est album, neque ubi postquam fit rubeum. Et ego dicam modum quo sit rubeum et dico quod oleum distilletur, donec fiat clarum et post distilletur ter. Et dicam quod ignis, postquam desiccatum fuerit a suo humore, teritur et inbibit et assatur, donec uratur igne et patiatur. Et quanto plus ignis steterit, tanto erit melius. Et plerique eorum non omnino concedunt hoc et vident cum preparaverint unumquidque eorum non terunt. Sed primum est melius. Sed res iste vicine sunt alie aliis.

Sed *preparatio ovorum* apud eos est sicut *preparatio capillorum,* et sicut *preparatio sanguinis.*

Ova vero multas habent preparationes et unaquaque illarum unam habet preparationem, et ova quatuor habent preparationes. *Cortex* enim apud eos est umum capitulum magnum, completum sine diversitate. Et similiter *albumen* est unum magnum. Et jam dixerunt quod cum cortices calcinabitur et distallabitur albumen a salibus. Et inbibetur bene et teretur et inhumabitur et extrahetur post dies. Et inbibetur et teretur et humabitur. Et ita, donec totum solvatur semper. Et postea distillabitur et postquam reductum fuerit, quod est superius super illud quod est inferius, donec congeletur et fundatur. Et tinget tincturam magnam et fortem.

Et si preparaverint *albumen* ovorum. Et illud est et faciant siccari et calcinent et inbibent ex aqua corticis et inhument, donec solvatur. Et itera opus super ipsum, sicut fecisti, et distilla, postquam solvitur. Et itera donec congeletur et fundatur et tinguet tinctura complete. Et mitte in unoquoque istorum de aqua quod egredietiur ex ipso, sicut aqua corticis in corticibus et aqua albuminis in albumine. Et erit magis completum secundum nostras radices; secundum quod in radices eorum erit minus. Et in toto hoc est proficuum.

Et si preparaveris ejus *vitellum,* erit bonus duobus modis : cum oleo unus quorum est ejus potentia et alter est ejus tincture rubee. Et si aggregaveris totum erit capitulum. Et si aggregaveris oleum et corticem, aut oleum aut albumen, totum illud erit completum bonum.

Et istud est completum preparationis eorum qui sunt de *sale.* Et illi de sale acceperunt istud ab illo et meliores sunt illi de urina [fol. 71, v° col. 2], illi de sole. Illi enim de urina dicunt quod convenit ut sit in locis humidis ante preparationem et colorant quando egreditur et quando operantur ipsum. Et neque posuerunt ipsum in locis humidis ante preparationem; nisi ideo ne congelaretur sal. Et forsitan non fuit intentio, nisi ut ideo congelaretur sal rectus. Et si hec fuit eorum intentio, ergo iste non est ejus modus.

Modus autem rubificandi almizadir est aut tingatur simpliciter, aut cum aquis que rubificant et ingrediantur super ipsum et teratur cum ipsis et assetur cum ipsis donec rubificetur. *Completus est liber.*

Liber applicationis (*qui XIII^us de LXX^ta*).

In hoc libro dicam applicationem ad preparationem qui est in hoc libro, et explanabo in eo viam preparationis *capillorum* cum verbis planis. Dixerunt quidem quod *capilli sunt lapis famosus.* Et hoc est quod omnia que dixerunt in eo inveniuntur in capillis, et verum dixerunt in hoc. Sed cum non est lapis; sed lapidis proprietates sunt similes proprietatibus istorum. Dico autem quod modus preparandi eos est sicut modus preparandi ipsum equilater. Scilicet sicut premisimus expositionem ejus in preparationibus salium et spirituum et animalium. Neque alterius scias hoc. Ergo autem dicam in preparatione hujus rei exemplum, ideo ut opereris cùm eo in aliis rebus et proveniet sicut volueris. Dicam ut sumas de *capillis* rubeis et nigris et alburis, in quibus non est nisi bonum. Lava eos cum aqua calida et sapone et baurac, donec bene limpidantur et aqua egrediatur clara (1). Et comprime eos bene ab aqua, et fac siccari ad solem. Et pone eos in cucurbitis cum alembic, et distilla eos cum igne debili. Donec assumas aquam eorum albam, paulatim et paulatim, donec cesset distillatio. Postea vigorabis ignem et pones (2) [fol. 72, col. 1] in receptaculum duplum filtratum cum filtro, cujus superior pars sit madefacta, donec tota aqua rubea distilletur. Separatim pone et reconde. Et repone salem, et distilla pinguedinem in instrumento virgarum. Distillabitur enim clarum. Separa et reconde et inbibe terram ex aqua prima et fac eam parumper siccari et pone in ollam parvam. Et ita facies, donec fiat alba et clara, in qua non sit nigredo.

Et tunc proice super omnes tres partes ejus, unam partem salis armoniaci, et inbibe eam ex pinguedine, que descendit in receptaculo inferiori. Et mitte ad solvendum. Et si solverit bene erit. Et si non, tere cum pinguedine et mitte in pinguedinem de illa aqua et reduc eam ad solvendum. Solvetur enim aqua in qua erit parum citrini et neque soluta fuit nisi rubea. Secundum quantitatem virtutis tincture salis armoniaci est color aque solute.

---

(1) Alia ablutio. Accipe de *capillis* XX libras, de urina distillata XL libras, de urina salsa puerorum salsorum X libras. Misce cum capillis et maneat per duo dies, et bulli semel in die et lava fortiter per duo dies et semel in die. Nota quandam distillationem : sume capillos inhumatos et pone in cucurbita et distilla cum lento igne. Quod prius distillabitur erit *aqua* et quod remanet in fundo erit *terra*. Reverte ad distillandum aquam in curcurbita et reserva in vitro in fimo. Et quod remanet pone cum terra. Post vigora ignem et distillabitur aer et ignis. Post extrahe ignem ab aere, sicut scis.

(2) Alia ablutio. Accipe de *capillis* XV libras. Salis alkali et salis armoniaci XL libras. Lava per tres dies septies in die. Semper muta aquam; laves in vase vitreo vel vitreato, et tunc inhuma per quatuor menses *philosophicos capillos,* sine aliqua additione; incisi ad modum duorum digitorum.

Deinde extrahe, cola cum eatica et pone in terracenum bene lutatum, et aliud sit desuper non lutatum. Et accende ignem sub eo, levem donec congeletur. Et vigora ignem paulatim et paulatim, et si fundetur bene. Et si non, inbibe ipsam ex pinguedine et ex aqua super et mitte ad solvendum in loco humido; quod est melius. Et si solvetur, tunc jam completum est. Et si non, inbibe ex aqua et pinguedine, et itera donec solvetur. Et cum solutum fuerit, cola, et hoc est magnum secretum apud eos. Quanto magis enim clarum fuerit, erit subtilius. Et postquam colaveris, congela ipsum inter duo terracia, sicut diximus. Congelabitur enim in breviori tempore quam prius. Deinde vigora ignem et fundetur. Nos jam ostendimus tibi solutionem et congelationem et inbibitionem quibus utaris. Donec fundatur et fiet massa una sicut sol (ida), prohice ipsum et tinget colore pulcro.

Intellige hoc, et hoc est capitulum eorum qui preparaverunt ipsum. Preparationes enim iste inveniunt secundum augmentationem et diminutionem. Iteratio vero est secundum quantitatem quam de oleo invenies in lucerna, et ita patiaris. In hoc autem capitulo sunt obscuritates magne quas ego exponam.

Purum est quod si sal armonicus congelatus congelabitur rubeus et erit *capitulum rubedinis*. Et si congelabitur albus, erit *capitulum albedinis*. Neque iteraris eo rubeo in capitulum albedinis neque, quoniam in utroque est magnus error. Scias hoc, et veritas in hoc est. Quod si volueris albedinem, utere sale armoniaco. Proprinquus est in principio preparationis talis qualis egressus est. Et si volueris nigredinem, tinge salem armoniacum inprimis colore rubeo.

Qui sic coloratur, solve ipsum prius, postea pone tincture rubee [fol. 72, col. 2] que ex lapide distillatur fixe, qui est melior, aut non fixe, partem et mediam, cum singulis .X. partibus salis armoniaci partem unam. Et tere totum bene super tabulam vitream, et si pauca aqua inbiberis, non erit malum. Postea mitte ipsum ad solvendum. Postea congela, quod est melius, aut ut assa salum modo. Fit enim rubeus in ultimitate rubedinis et claritatis; neque fit cum ejus rubedine color obscurus est. Et iste est modus faciendi rubedinem. Ideo vero ut ingrediatur super lapide res que non sit ex eo. Quod si volueris, ingrediatur super ipsum res que faciat ipsum rubeum. Pone cum eo aquam calcanti et aquam attramenti et alias res que faciunt rubeum. Hujus autem modus est talis. Tere salem armoniacum et postea inbibe ipsum ex aquis istis et postea tere ipsum et assa assatione levi. Fiet enim rubeus et itera opus super ipsum, donec fiat rubeus. Pone ipsum in opus tuum et scias quod res unius generis est magis propinqua.

Ei autem qui preparaverint *sperma,* inter magistros meliores esse non debent, quamvis earum operatio sit difficilis. Ejus vero preparatio sit subtilis et pulcra, et est prolixa multis modis. Et hoc est quod oportet colligi illud *sperma,* et agregare *animalia multum spermatis habentia*. Et hoc longo tempore fit. Et ipsi dicunt quod hoc est lapis, quoniam *homo rationalis* non est compositus nisi ex hoc lapide. Quomodo ergo esse potest quod non fit in ea tinctura corporis. Et hoc est major ratio quam ipsi habent.

Radices vero applicandi ad ipsum preparandum sunt ita. Fiant enim cucurbite parve tenue, fitque cucurbita unius palmi in palmum. Postea pone super ignem et distilla ipsum. Et distillabitur aqua alba et clara et fit magna fex et quod cum ea remanet. Deinde vigora ignem, et distillabitur aqua rubea, in qua est pinguedo, sicut in

donec sit fixum et currat. Et tunc repone. Et scias quod hec est via dicta in toto libro.

Argenti vero vivi regimen est multis modis et hoc est cum fuerit extractum de *vegetabilibus* speciebus quam volumus. Cujus [fol. 72, v°, col. 2] quidem regimen est sicut stringere ipsum et sicut sublimare ipsum. Quod si ipsum stringere volueris cum odoribus corporum, scilicet cum *Plumbo*. Sic extractum de aliis corporibus, scilicet plumbum merdesceum et alcofol. Deinde agant cum aliis rebus.

Quod si volueris ipsum stringere sine corpore, sume de aleba que vocatur alcharca et custodi te ab ejus odore. Et extrahe ejus aquam et inbibe ipsum terendo super tabulam vitream ex ipsa aqua, donec moriatur. Pone ipsum in bubam unam luto linitam. Et siccetur ad parvum ignem. Postea accendatur ignis desuper, donec fiat rubea. Postea infrigidatum fuerit extrahe : invenies ipsum massam unam, quod in tuis pone operibus.

Est quoque alia preparatio et est illud quod diximus cum nigella et succo lactucarum. Cum enim eis stringitur argentum vivum et dealbatur.

Modus vero sublimandi est unus, quem ego dicam, et hic est melior omnibus. Sume salis gemme partem et atramenti egiptii partem aliam; quas bene tereris. Deinde super eas jace argenti vivi quantumcumque. Ipse sunt et totum insimul bene teratur. Deinde ponatur in fundo alutel pergamenum, et super ipsum ponatur sal gemma assatus; cui superponatur medicina. Postquam ita fuerit quod nichil humoris sit in ea relictum, accendatur sub eo prius ignis paucum. Deinde augmente, donec argentum vivum sublimetur. Postea ipsum sume et optime tere et sublima ipsum. Sitque capud alutel in primis amplum. Postea quaque vice fac ipsum angustari; donec redeat sicut planta manus. Sublimabitur enim sicut cristallus in partibus aluthel sub scuto. De eo vero quod est super scutum, ut non sit lapis; sed erit pulvis albus. Et hoc erit. VII. vicibus faciendum. Si ergo firmabitur sic ignem et tabulam, erit bene. Et si non, reitera super ignem sublimationem cum attramento et sale, ita quod semper capud angustetur. Ipsum enim curret faciet tabulam albam, et argentum merum, et melius quod esse potest. Operaberis cum eo quod volueris. Hec enim est summa operationum usitatarum in *animalibus*. *Completus est liber*.

Incipit liber ludorum (*qui est XVIIIus ex LXXta*).

Expedit nobis ut sumamus prius salem armoniacum lapidis, quem prius preparavimus. Et seorsum ponatur et sumatur sulphur dealbatum, cujus preparationem premisimus in libro qui est ante istum. Et ponatur seorsum et similiter omnia elementa, quorum preparationes prediximus. Deinde sumatur argentum vivum, quod prediximus, et ponatur seorsum. Deinde sumatur de sale armoniaco preparato aliquid et dissolvatur. Postea distilletur et ponatur seorsum. Et sumatur de sulphure aliquid et dissolvatur et ponatur seorsum. [fol. 73, col. 1]. Postea argentum vivum sublimatum, solvatur et distilletur et seorsum ponatur. Deinde de sale armoniaco sumatur una pars et fiat rubea cum suo igne et ponatur seorsum. Deinde sumatur ex eo aliquid et fiat rubeum cum

aquis que faciunt res rubeas. Et ponatur seorsum et ponantur similiter de sulphure albo, quod fiat rubeum cum igne extracto de lapide preparato ex vegetabilibus et ponatur seorsum. Postea sumatur de sulphure albo quod fit rubeum, cum aliquibus qui faciunt rubeum, et ponatur seorsum. Postea sumatur de argento vivo facto rubeo cum igne lapidis. Postquam fuerit sublimatum et ponatur seorsum. Deinde ponatur de argento vivo sublimatum, quod est factum rubeum cum aquis que faciunt rubeum, et ponatur seorsum. Postea sumatur de argento vivo, quod abstractum est de albo et de rubeo duarum specierum : scilicet quod est rubeum cum aquis que faciunt rubeum, et ponatur unumquodque seorsum. Deinde sumatur sal armoniacus albus et ponatur seorsum. Et sumatur ex eo qui est rubeus cum igne lapidum et fiat aqua et ponatur seorsum. Et ponatur ex eo qui est rubeus cum aquis que faciunt rubeum, et fiat aqua, et ponatur seorsum. Deinde sumatur ex sulphure albo, et fiat aqua, et ponatur seorsum. Et sumatur de sulphure rubeo cum aquis facientibus rubeum, et fiat aqua. Et ponatur seorsum de argento vivo albo, et fiat aqua, et ponatur seorsum. Postea limatur de argento quod fit rubeum cum igne lapidis, et fiat aqua, et ponatur seorsum. Deinde sumatur de argento vivo quod fit rubeum, cum aquis facientibus rubeum, et fiat aqua, et ponatur seorsum. Iste ergo sunt radices necessarie.

Modus autem faciendi *argentum vivum rubeum cum igne lapidis* talis est. Fiat prius album. Deinde sumatur ignis lapidis non distillatus cum sua humiditate : scilicet in principio cum extrahitur oleum ex eo. Et una pars cum X partibus argenti vivi teratur albificate, scilicet argenti vivi de lapide; neque sumatur aliquid. Postea assa ipsum in embuba una, cum lento igne. Deinde tere bene et inbibe ipsum ex oleo. Deinde assa eum et reduc ipsum ad opus. Color enim paulatim et paulatim in ipso apparebit, donec fiat valde rubeum. Ponatur itaque seorsum. Deinde redi ad rubificandum sulphur ex igne et hoc est ut ipsum bene teras et ipsum sit album et inbibe ipsum igne lapidis, qui sit X vel parum plus. Deinde ipsum levi assatio- [fol. 73, col. 2] ne assa. Postea ipsum bene tere. Deinde post pulverizationem inbibe ipsum ex oleo. Postea tere ipsum bene et assa donec fiat rubeum; et postea tere et coque cum suo oleo, donec fiat sicut cera. Quod si ejus oleum non inveneris, fac ipsum fervere cum aceto de vino albo. Extrahes enim postea sicut ceram. Neque enim est couveniens ut fiat sicut cera cum aceto, quando fuerit radix faciendi ipsum rubeum cum aquis rubeum facientibus. Fac ut fiat sicut cera cum aceto. Et si fuerit radix faciendi ipsum rubeum cum igne, fac cum oleo. Et hoc est maximum secretum : retine ipsum.

Modus vero faciendi ipsum *rubeum cum aquis facientibus rubeum* talis est : ut sumas ex aceto alicui eo vino et distilles ipsum. Et ponas in ipso attramenti egyptii limature phauledanc. Est .i. in libra aceti salis armoniaci. Floris eris autem quartam est in tercia ʒ alunis albi ʒ .ϑ. alunis candicantis pannos sulphuris citrini auripigmenti rubei addernici azuli. Omnium ana est .i. mellis albi dispumati, quartam libram salis amari et salis gemme amborum .. ϑ.ij. et V ponantur. Omnia ista in V libris aceti et dimittantur ad solem per mensem unum. Vel si non, fac ipsum bullire quousque consumatur ejus medietas. Predicta vero optime sint trita; et ut bulliatur est melius. Deinde distilla ipsum a fecibus, que in ipso sunt, et inbibe ex eo quod volueris. Et si volueris quod color aque sit rubeus, sume acetum de vino albo X libras et limature phaulem lb. .ij.; que in ipso per X dies infundatur. Deinde cola ipsum et pone in ipso auripigmenti rubei libram I,

pulverizati salis armoniaci pulverizati IIII^tam^ vel. Postea pone ad solem. Augmentabitur ejus rubedo. Postea distilla ipsum et renova semper limaturam, donec fiat rubeum sicut sanguis. Hoc quidem bonum est, quod facit colorem qui numquam removetur.

Cum autem preparavis attramentum cum aceto et renovabis attramentum, semper egredietur album et faciet bonum colorem. Scias autem quod omnis res que rubea distillatur colorem non removet; nisi illud quod ejus mutat naturam.

Et melius est ut distilles acetum a ferro et acetum ab attramento. Et jungas ambo simul et colores cum eis. Aque vero que faciunt rubeum sine iteratione distillationis est aqua tutie sublimate rubea et aquasedine, in quibus acetum ponatur et distilletur semel. Sufficiet enim quod aqua eris soluti est melior istis et fortior [fol. 73, v°, col. 1] et aqua ferri. Scilicet cum sublimatur ferrum et rubificabitur et posueris ipsum in aceto, fiat aqua rubea sicut crocus ortolanus. Et si volueris aliquid rubificare cum ipsa, removebitur numquam. Neque fecimus hec rubificantia ubique cupimus perducere rem ad equitatem. Et licet ipsa sint prolixa, propinquiora sunt brevioribus. Quod si volueris facere *corpora de vegetabilibus et animalibus*, hoc poteris facere. Sed cum est difficile, et via facilior ad facienda corpora de *vegetabilibus*. Et est hoc ut facias primum ex eis *Argentum vivum*. Deinde invenias ex argento vivo reliqua corpora, sicut jam diximus in *libro albicalmon de C^tis^ et XII*. Observa meam correctionem. Hec est enim operatio.

Liber experimentorum XXV^us^ (*Liber experimentorum qui est XXV^us^*).

In hoc autem dicam capitula composita ex elementis que premissa sunt et incipiam inprimis a capitulis *aureis :* qualiter fiat elixir *de vegetabilibus,* secundum sententiam illorum qui locuntur de sulphure et argento vivo de *vegetabilibus*.

Sume inprimis de sulphure extracto a specie quantum vis, albificato vel rubificato, et tere ipsum bene in tabula vitrea die uno aut duobus. Et inbibe ipsum ex oleo ipsius speciei distillato et albificato X diebus. Scilicet cum desiccabitur, teres, inbibe ipsum et assa inter duo vasa. Et ita facies donec fiat sicut cera. Deinde sume ipsum sicut ceratum et pone super duas partes ejus et mediam X partes argenti vivi, de lapide ex quo extraxisti sulphur. Et fac unamquamque speciem cum sua specie, et quodque genus cum suo genere. Neque diversifices ea, quoniam errabis. Tuum quoque argentum sit congelatum cum aqua lapidis. Ambo aut cerata simul junge et tere bene et inbibe bene ex oleo. Et diu tere et assa ea cum igne parum fortiori. Fient enim dura. Deinde tere ea et pone super ea salem armoniacum, qui fuit rubificatus cum igne lapidis. Et inbibe postea bene ex aqua, que fuit soluta, et sale armoniaco rubificato cum igne lapidis. Et inbibe postea bene et renova quaque die stercus inhumando. Solvetur enim et fiet aqua rubicunda sicut sanguis. Fac enim ipsum congelari in vase vitreo cum tenui igne. Et cum congelabitur, tere ipsum bene, et inbibe ipsum ex aqua sedine tinatices et dissolve ipsum. Et postea congela ipsum. Et ita facies ter. Perveniet enim tibi ceratum. Quod super *Lunam* prohice, quoniam ipsa fiat *Sol*. Aut prohice super *duo Plumba*, aut

super *Ferrum*, et convertet eam in *Solem*. Et hec quidem est via ejus quod colorat rubificando. Scias ipsum.

Via ejus quod albificando colorat est [fol. 73, v°, col. 2] ejus conversa. Et hoc est ut sumas de argento vivo albo sublimato X partes et de sulphure albo partes tres. Et tere eas de sale armoniaco albo extracto et lapide partes duas. Et tere hoc totum bene, et inbibe ex aqua salis armoniaci soluti bene, et asse eum levi assatione. Et fac hoc ter; sed quaque vice sit vehementior assatio. Deinde post hoc tere ipsum bene et inbibe ex aqua salis armoniaci et dimitte stare cum suo humore. Et pone in vase vitreo post, et inhuma, et muta stercus quaque die. Et fac sic donec solvatur. Postea tere ipsum et congela. Ignis vero sit tenuis, donec congeletur et fiat album sive unico colore et si color (non) unicus fuerit, in eo redi ad terendum et assandum et congelandum, donec congeletur et sit album. Prius tamen ipsum solve, ut fiat aqua currens, et non sit massa, neque turbidum. Et egredietur ceratum et multum. Cujus unam partem super X milia *Veneris* rubee prohice et fiet *Luna*. *Hec est sententia eorum qui operati sunt cum argento vivo et sulphure.*

Eorum vero qui *cum argento vivo solum operantur*, operatio hec est. Et hoc est ut sumas de argento vivo sublimato fixo et de argento vivo soluto partes equales. Fixum vero tere et inbibe ipsum ex soluto, et tere ipsum bene, et assa leviter. Et hoc fac donec illud solutum totum. Deinde tere ipsum et inbibe ex soluto terendo, donec fiat sicut medulla. Et tam diu inbibas ipsum, donec tantum bibat quantum. Et assa ipsum inter duo vasa cum igni forte. Et si emiserit fumum, redi ad terendum ipsum. Et reduc ipsum ad opus, donec fundatur in vase inferiore. Fiet enim rectum et non emittet fumum. Ex ipso prohice, quoniam colorem ipsum bonum efficiet. Postea inbibe ipsum ex aqua sua et tere bene et solve. Solvetur enim tempore parvo. Et postea congela ipsum et prohice ex ipso, sit quodcumque corpus volueris. Faciet enim mirabilia et precipue super *Ferrum*. Ipsum enim mollificabit et convertet ipsam in *Lunam* rectam.

Eorum vero qui *cum solo operantur sulphure* operatio est talis. Sume de albificato et sublimato X partes, et inbibe ipsum ex sua aqua, aut ex aqua argenti vivi. Quod si volueris ut ipsum solum sit ex sua aqua solummodo. Et fac ipsum de ipso sicut fecisti et non diversifices. Ipsum enim faciet *Plumbum* et *Stagnum* et *Es Lunam* et ipsum similiter facit argentum vivum *Lunam* in sua hora. Scias aut[em] quod argentum vivum congelatur in *duobus Plumbis*, neque congelatur sulphur preparatum in *Ferro*. Scias hoc magnum archanum.

[Fol. 74, col. 1] Modus autem *operandi cum solo sale armoniaco* est ut sumas ex eo distillato et cerato partem unam. Et inbibe ipsum ex sua aqua fortiter terendo et solve ipsum. Et si ejus solutio difficilis, fuerit inbibe ipsum ex sua aqua et tere bene. Solvetur enim et cum factum fuerit aqua clara, fac ipsum congelari in vase vitreo cum igne debili. Et hoc est magnum secretum. Aut cum sale, aut cum cinere calido; et isti sunt modi albificandi. Scias eos quod si rubificare volueris, fac e contrario. Et hoc est ut ponas quamque rem albam rubeam. Terere vero et inbibere et assare et solvere et congelare est unum. Et tu omnes istos modos perfecte scire debes. Et si conjunxeris *argentum vivum* et *sulphur* et preparaveris ea cum sale armoniaco, erit optimum. Et si conjunxeris *argentum vivum* et *sulphur* et *salem armoniacum* et preparaveris cum suis aquis, erit bonum.

Liber corone XXVI^us^ (*Liber corone qui est XXVI^us^ de septuaginta*).

Jam premissi sunt nobis multi libri in *arboribus,* et hic liber noster est in eisdem etiam in quo dicam propinquitatem preparationum harum rerum. Dico autem modus preparationum et sublimationum spiritus extracti ab istis rebus, et istud est argentum vivum. Cum hoc enim facilis fiet comprehensio eorum que ante diximus. Sublimare tamen illud quod est de mineria, est facilius quam istud; quoniam istud est difficile. Modus vero sublimandi argentum vivum de *arboribus* est iste : sume ex eo tres .c. et tere ipsum cum salis gemme vel attramenti egyptii xû tres .c. Donec moriatur et fiat nigrum. Deinde sicca ipsum. Et postea sperge in fundum aluthel sal, gemmam assatum. Deinde sublima ipsum totum. Et postea renova salem et fac sublimari ipsum septies, renovando salem et angustando capud aluthel quaque vice. Sublimabitur enim album fixum, currens super tabulam, neque faciet fumum. Quod si fumum fecerit, reduc ipsum ad operationem, donec fumum non emittat. Et hoc est sicut aliud quod est in libro qui est ante istum. Ejus vero cerationem jam prediximus.

Ejus vero sublimatio cum est album : eo ut ponas ipsum in .c. tres. salis gemme et attramenti egyptii cindez ℈ sicut prius fecisti et adde ei ℈ .XX. talc assati, et fac de ipso sicut premissum est. In unaquaque sublimatione minue ex sale et ex attramento .℈. X. et adjunge .℈. .X. et talc. Et ignis sit per diem unam integram. In principio [fol. 74, col. 2] tamen sit ignis debilis, quasi per duas horas et antequam perveniat ad VII, congelabitur in aluthel. Et si volueris, pone cum ipso de spuma maris et de sale urine et de aluminibus, quantum volueris; quoniam bonum est magisterium.

Quomodo solvitur *argentum vivum.* Sume ipsum et tere cum seisarat, id est *auripigmentum,* donec moriatur. Et postea inbibe ipsum ex aqua salis armoniaci soluti. Et pone super ipsum ex ipsa aqua, donec ipsa sit eminens supra ipsum quatuor digitis et inhuma ipsum in stercore VII diebus. Sed in VII^mo^ extrahe et considera si in ipso fuerit aliquid vivum. Reduc ipsum ad terendum cum aqua salis armoniaci et pone supra ipsum aquam salis armoniaci et inhuma et extrahe in VII^ma^ die. Et si aliquid ex eo vixerit, reduc ipsum tercia vice. Deinde extrahe eum et tere super tabulam vitream cum aqua extremitatum utrium. Et fac ipsum siccari et inbibe terendo. Et hoc fac septies. Deinde cohoperi ex ipsa aqua et inhuma VII diebus. Et si solutum fuerit, distilla ipsum et distillabitur aqua fera. Solveret omnem rem et rectificans omnem speciem. Si vero solutum non fuerit, redi ad ipsum terendum et da ei de aqua salis armoniaci, et inhuma VII diebus. Solvetur. Et ipsum non distilles, nisi prius solvatur. Et in hoc est secretum quoddam et ipsum est extremitates utrium. Scias ipsum.

Solutio argenti vivi extracti sublimati. Tere ipsum cum aqua salis armoniaci, et prohice super ipsum quantum est tercia ejus de sale armoniaco cristallino. Et tere ipsum bene et inbibe ipsum ex aqua salis armoniaci. Et cum ea cohoperi, et pone ipsum in vase uno, et inhuma ipsum in stercore. Et mutabis stercus singulis terciis diebus. Et quaque septimana die extrahe et tere et inbibe ex aqua. Solvetur enim

vel in tercio septenario, vel in quarto. Aut si non solvatur, donec et fiat aqua varia acuta; distilla ipsum. Distillabitur enim et erit varium habens in se parum citrinitatis. Cum quo solves quidquid volueris et congelabis quidquid volueris. Et honora ipsum, quoniam cum ipso poteris retinere species volantes et operatur mirabilia.

Preparatio vero *salis armoniaci* est sic. Ut sumas de sale armoniaco cristallino quantum volueris et tere ipsum cum spuma maris tantum, quantum ipse est. Et sale et ipsum in alutel sublima. Et sume illud quod ex eo sublimatur, et coque ipsum positum in cannis in aqua. Solvetur enim. Et distilla ipsum, aut solve ipsum in vesica, vel in cistis fellis super aqua et distilla ipsum [fol. 74, v°, col. 1] post hoc. Et operare cum ipso in eo quod vis.

Constrictio vero argento vivi albi est talis, Scilicet ut ceras ipsum cum aqua marchasite et sulphure, donec moriatur in illa. Postea pone ipsum in embuba de cannis et ex luto line. Fac siccari ad ignem. Deinde fiat ignis paulatim fortior, donec fiat rubeum. Deinde fac ignem fortiorem, donec sit ignis sicut ignis fundendi. Deinde permitte infrigidari et extrahe unam massam sicut argentum. Non enim est differentia inter ea, nisi in fundendo. Quod si volueris ipsum facere durius et siccius, leve erit. Et locatio super salem armoniacum et sulphur ita est, sicut locatio super argentum vivum, nisi in stringendo tantum. Sal enim armoniacus et sulphur solvuntur aliter.

Liber evasionis (*Liber evasionis qui est XXVII^us de LXX*).

In hoc autem nostro libro dicemus quomodo fiant rubee res quas fecimus albas in isto qui precessit. Hoc enim necessarium est nobis in duobus modis. Et incipiemus nunc facere *rubeum argentum vivum :* quod duobus modis fiet. Quorum unus est ut fiat rubea cum tinctura lapidum ex quo ipsum est extractum. Et hoc est ut desiccetur terra illa rubea, *que dicitur ignis,* et teratur optime et conspergantur due partes ipsius ex X partibus argenti vivi. Deinde siccetur. Et sit ignis inprimis debilis. Postea teratur cum illa terra, donec ingrediaur argentum vivum illius terre tantum quantum ipsum est. Deinde ignis fortior fiat, donec ignis non videatur facere in ipso inpressionem aliquam. Quidam vero dixit ut in X argenti vivi ponantur tres ignes et non amplius. Et hoc est verum ut est melius.

Deinde pone inter duo vasa et accendendo sub eo ignem per diem unum. Et postea extrahe et invenies parum citrinum. Tere ipsum bene et inbibe de aqua ovorum. Distilla cum salibus et desiccetur. Et pone in vase uno et accende ignem sub eo alio die. Et ita facias, donec egrediatur rubeum colorem sanguinis habens, ita siccum ut pulverizari possit. Et hoc est argentum vivum rubeum naturale, quo nichil aliud ingreditur, nisi aqua ovorum. Quod si volueris, pone loco ejus aquam argenti vivi soluti. Que si ipsum alteraverit, tere ipsum et inbibe ex aqua lapidis. Tantum enim valet quantum argentum vivum. Deinde tere ipsum et inbibe ex aqua vitellorum ovorum distillata cum sulphure. Melior autem hiis aquis est que distillatur rubea [fol. 74, v°, col. 2] sicut sanguis, et ipsa est aqua tertia.

Postea tere ipsum bene et assa levi assatione. Aut si non, infunde in aceto lima-

turam phauled et fac ipsum rubeum cum eo. Illius vero modus est ut ceratur cum tanto attramenti quantum est quarta ejus, et distilletur ab eo. Et ita facies, decies renovando attramentum quaque vice. Et in decima vice, distillabitur rubeum sicut sanguis et tinget omnia super que cadet. Et si non fuerit, redi ad terendum ipsum et assandum, donec tibi placeat.

Est ergo alius modus faciendi rubeum : scilicet ut sumas calcis vive ℥ partes et sulphuris tres partes et teras ea. Et prohice super ea aceti rubificati cum limatura ℥ partes et dimitte sic ℥ partes. Et coque cum eo, donec fiat rubeum sicut sanguis. Postea cola ipsum et distilla. Deinde sume calcanthi viridis auripigmenti ... est scilicet pro libra illius aqua attramenti rubei, est scilicet si inveneris. Et si non, sublima viride aut citrinum cum aqua pura. Aqua enim distillabitur et remanebit attramentum rubeum in cucurbita. Pone ipsum in omni opere quod volueris.

Tere omnia medicamina cum aqua tota. Deinde inhuma in stercore per III dies, aut VII dies. Et si solutum fuerit, distilla ipsum. Et si non, inhuma, donec solvatur. Distilla autem ipsum, quia distillabitur sicut iacinctus. Colora ergo cum ipso quidquid volueris.

Quod si argentum vivum colorare volueris, facies. Et hoc est ut teras argentum [illegible]m sublimatum. Et inbibe ex hac aqua et assa ipsum. Inpressionem enim aliquam in ipso faciet in prima vice. Deinde itera hoc opus, donec fiat rubeum sicut iacinctus rubea et rubicundior igne.

Constrictio vero vivi argenti rubei est duobus modis. Quorum unus est ut terantur ℈ ℥ argenti vivi cum tribus ℈. ignis lapidis, super tabulam vitream, donec moriatur. Deinde pone in embubam de canna et line ipsum bene ex luto. Postea pone eam in ignem et insuffletur ignis, donec fiat rubea. Postea permitte infrigidari. Fac ipsam duram si vis, et si non, pulveriza et operare cum eo in eo quod volueris.

Quod si volueris constringere ipsum rubificatum, ita facies : pone in fundo vasis unius crete bauracorum et [fol. 75, col. 1], pone argentum vivum in vase sursum in turri et pone in circuitu turris de sulphure quadruplum argenti vivi. Deinde coheperi ollam totam, et sit sulphur in inferiori vasis. Et pone ollam super furnellum, ita ut ignis non perveniat ad fundum olle. Et accende ignem per diem unam, et alia die extrahe rubeum. Et est melius argentum vivum. Et similiter facies in sale armoniaco et sulphure, sicut fecisti in argento vivo. Expletus est liber.

Liber faciei (*Liber faciei qui est XXVIII^us de LXX*).

Qui magistro attribuit quod ei pertinet, ab errore salvabitur. Qui vero non dederit ei quod ei pertinet, errabit. Necessarium est ergo volenti operari, ut bene consideret et perfrutetur capitulum, optime quod vult operari, et ubi invenerit bene intueatur. Quod enim in uno loco est obscurum, in alio loco est manifestum. Et tota obscuritas que premittitur *in XL primis hujus nostri libri,* explanabitur *in XXX sequentibus;* neque deficiam in aliquo. Et loquitur autem nunc in libro hoc *de terra preparanda:* sit postquam ab ea distillata fuerit *aqua* et *oleum*. Scilicet de omnibus *vegetabilibus,* inpos-

sibile est quin in omni quod distillat remaneat terra, quam a sua nigredine purgare oportet. Qui ergo poterit eam albificare ut in ea sit ejus virtus, ipse eam mundat. Modus vero faciendi ipsam albam, est ut sumas eam, postquam in ea nil relictum fuerit quod distilletur. Et tere ipsam bene et prohice super aquam, de aqua que est distillata. Et tere ipsam bene. Et pone de ipsa aqua paulatim. Et fac ipsam desiccari ad solem. Et quocienscumque desiccata fuerit, assa ipsam ad lentum ignem. Et quaque vice adstringe ignem. Et ita fac, iterando opus, donec ipsa bibat decuplum sui de aqua de ipsa distillata. Postea pone ipsam in athanor bene calefacto. Sitque ignis subtus duplus primum. Deinde tere bene. Et fac ipsam siccari cum igne tali qualis fuerit secundus. Et ita opus tercio et assa cum igne tercio. Similiter et custodi hoc pondus in igne, verbi gratia. Sicut si in prima vice accenderentur libra lignorum, et in secunda libra et .ℨ. et in tercia due libre et in quarta due libre et .ℨ. Post hec omnia, inbibe ipsam alia vice ex decuplo sui de aqua etiam. Et cum totum fuerit expeditum sume ipsam et pone in vase vitreo lutato. Et super pone ei aliud vas non lutatum. Et inhuma in fimo. Et cohoperi bene caput vasis cum alio vase. Et dimitte ibi per septem dies (1) [fol. 75, col. 2]. Et renova fimum in IIII° die. Et extrahe ipsam, post duas renovationes stercoris. Et invenies ipsam sudantem et colorem ejus mutatum. Deinde dimittam ipsam siccari in aere. Postea tere ipsam bene et inbibe et sicca et inbibe. Et ita facies donec fiat septuplum sui. Deinde assa ipsam cum igne [illegible]s. Quantitas sit sicut ignis secundi; caveas tibi in igne; quoniam in igne est error. Et custodi pondus, neque addas neque minuas. Deinde extrahe ipsam et invenies clariorem quam in secunda. Deinde tere ipsam et fac ipsam siccari, et itera donec bibat septuplum sui. Ignis vero in qualitate sit unus. Postea ignis paulatim et paulatim fiat fortior. Et intellige ejus quantitatem in hoc loco et in aliis. Opus enim unum, est nisi quod in duabus primis inbibitur et in decuplo sui. Et in istis duabus secundis in unaquaque assatione datur ei septuplum sui. Scias hoc. Et ita facias de ipsa tribus vicibus, donec assetur in quantitate ignis totius. Non indigebat alio. Et cum conplebitur ignis unus cum quantitate una. Et ex duabus diversis inbibitionibus egredietur tunc clara et boni coloris. Et post tere eam valde bene et pone ad ignem et egredietur albior. Deinde inbibe ipsum quantum est quintuplum sui de aqua prima. Et quia in ipsa fiet aliqua humiditas, fac ipsam siccari in aere. Et inbibe ipsam et tere, donec fiat in ea aliqua humiditas, sive aliquis humor. Et assa ipsam in tali igne qualis fuerit tercius duorum ordinum primi et secundi. Deinde extrahe et invenies eam bene citrinam. Postea tere eam et assa postquam siccaveris et inbiberis, donec bibat quintuplum sui. Et dupla ignem et aufer quod remansit, donec fiat alba. Et si non, quod operatus es nichil faciet. Deinde tere ipsam et inbibe ex triplo sui. Et tere ipsam bene et fac ipsam siccari et pone eam in ignem sublimandi : scilicet in ignem cujus

(1) Alia preparatio terre. Accipe terram et pisa super vitrum vel marmor, donec sit pulvis. Et hoc ad calidum solem. Hoc fac diu. Post inbibe et de predicta aqua et pisa. Et fac quasi postam spissam et pone in vase vitreo lutato. Et stet in furno panis per quator dies. Post trahe et pisa Et post mitte in furno per tres vel per quatuor dies. Ita fac quandocumque. Post extrahe et iterum pisa super marmor ad calidum solem per .iiij^{or}. dies. Et si fiat alba ut nix, bene est. Si non autem, iterum pisa et mitte in furno, donec sit calidus, et reserva sub fimo.

quantitas sit sicut quantitas ignis tercii ordinis. Et hic est fortior ignis quem diximus [fol. 75, v°, col. 1] in hoc libro. Deinde post hoc extrahe ipsam et invenies eam valde albam. Et tere eam bene iterum. Et non attendas pulcritudinem albedinis ejus; quoniam quod post sequitur erit pulcrius. Et terendo inbibe ipsam ex aqua quantum est triplum sui. Et siccari facias quidquid humectasti. Deinde tere eam bene et pone ad ignem hujus premissi ignis duplum. Et cave semper ne eam assas nisi sit sicca. Postea extrahe et invenies eam albiorem argento et lacte. Et quidquid preiit in libro, scias que hec est preparatio terrarum *ex animalibus et arboribus, excepta terra philosophorum*. Ejus enim est alia preparatio, non committans istis. Quod si lapidem majorem, hac preparatione amplius erit sicut istud, et similiter ex lapidibus est terra. Sed quia est valde diversa, non ingreditur in vegetabilibus. ***Expletus est liber cupiditatis qui XXVIIII^us^ est de LXX^ta^.***

Jam preterierunt nobis *liber de vegetabilibus*. In hoc autem libro (1) dicam quomodo solvuntur ille res vegetabiles solutione facili. Et in hoc modo est cupiditas libido mundana et perventus sapientis ad finem. Dico ego quod res quas in duas species solvere necesse est sunt terra et ignis. Et in alia specie oportet solvere salem armoniacum et argentum vivum et sulphur. Solvere vero argentum vivum et sulphur est valde laboriosum.

Incipiam ergo nunc a *sale armoniaco*. Jam autem de eo multa locutus sum et ego approbabo hunc meum ... (librum), sed cum alia suarum preparationum. Dico ergo quod omnis sal armoniacus, quamvis in sua minera sit mundus a lapidibus, tamen si ipse solvere volueris, tardabitur. Quod si ipsum sublimatum volueris, solutio solvitur facile. Oportet ergo inprimis ut sublimetur, donec egrediatur mundus a lapidibus et a suo stercore. Cum quo si operari volueris, hic erit melior omnibus speciebus salis armoniaci. Et si ipsum solvere volueris, erit ejus solutio facilis. Et illud est ut sublimes ipsum et pones in vase vitreo, aut ei simili, super aquam, in loco qui sit humidus. Et solvitur. Et distilla ipsum et operare cum eo quidquid volueris, quoniam bonum est. Festinatius hoc est, ut ponas eum in vesica et ponas ipsam compressam in ollam habentem aquam ferventem, et cohoperas ollam cito. Namque ex vapore aque solvitur. Et distilla ipsum et reserva ut habeas cum indigueris. Et ita sit omnis salis solutio et omnis bauracis et alii [fol. 75, v°, col. 2] minus. Scias hoc.

Solutio autem *sulphuris* aut sit cum hoc *sale armoniaco*, quoniam habet aquam acutam, aut cum aliis rebus super ipsum ingredientibus. Solutio vero sulphuris cum sale armoniaco est ut ipsum super tabulam vitream teras, donec fiat sicut medulla. Cum quo teras quantum est ipsius quarta de sale armoniaco. Deinde in aere desicca. Postea inbibe ipsum ex aqua salis armoniaci sublimati, que sit tantum quantum est pondus ejus aut parum plus. Deinde pone ipsum in vas, super quod sit aliud vas. Postea inhuma ipsum in fimo XIIII diebus. Et muta stercus singulis tribus diebus. Resudabit enim; vel solvitur si stercus fuerit calidum. Et si non tere, ipsum bene cum aqua salis armoniaci quamvis. Cum eo remanserit aliquid ex ea neque cures inde et

(1) Ici manque le titre d'un Livre surnuméraire.

inhuma
vero sin
cum sol
Et si fu
armonia
blimand
ejus qua
erit alba
cina cui

Modu
et pona
ipsam, c
subtilis
quonian
sustine.
est sicu
vivum,
ficat. Q
sarii su
Neque c
Super q
diximus
prepara
tuagin

In hc
que su
rei est
venit ol
sermo,
festum
lapide i
Consid
cum fu
ignem
ex alia

De t
multitu

---

(1) L

re. Et hoc est ut ponas substantiam corporis cujus oleum extrahere volueris in vas ereum aut ferreum limpidum. Et prohicias super ipsum tantum aque quod IIII digitis emineat aut plus, quod est melius. Deinde accende sub eo plenum ignem er duas horas. Oleum namque paulatim et paulatim elevabitur super aquam. Collige ipsum paulatim, et ipsum minuetur paulatim et paulatim. Et si aqua minuetur, adde aquam calidam. Et ita facies donec totum sumas oleum, neque remaneat ex eo aliquid. Quod si volueris, distilla illam substantiam post. Et non distillabitur oleum, neque tinctura erit multa. Et si erraveris, et hoc est quidam metus (1) tuo intellectui. Si enim multum fuerit, tinctura erit multa. Et si erraveris redi ad tuum opus, quoniam multum tenes ex eo. Est quia alius modus extrahendi oleum quem dicam post istum. Ergo cum hac radi-[fol. 76, col. 2]ce extrahe oleum ex lapide philosophorum et ex aliis. Et leve tibi erit ad experimendum, quoniam est multum apud te. Si enim experieris eum, apud te fuerit paucum. Et (si) extraxeris cum distillatione difficiliter et fueris timidus, tuum opus nichil erit.

Alius vero modus est premere et conterere bene et coquere et exprimere. Cum sicut primo extrahitur oleum sisaminum et ejus substantia. Neque est bonum ut dicamus, quoniam tuo sensui est propinquum et nos etiam jam diximus.

Et est alius modus extrahendi oleum, solvendo cum res solventur. Exibit oleum totum super corpus. Extrahatur itaque.

Alius modus est coquere. Solvere etiam qui est ad extrahendum oleum ex rebus duris ad distillandum res quas necesse est distillare postquam fuerint dissolute. Scias hoc.

Est tamen alius modus, qui est ut oleum super oleum mittatur, ad ipsum extrahendum, sicut cera et cepum et oleum amigdalarum amarum, que mittuntur in preparatione sulphurum et aliorum lapidum.

Et est alius modus cum clarificatione et distillatione. Et clarificatione quidem necessaria est distillatio, sicut distillare res ab aquis et a corporibus; sicut a melle et ab ejus similibus. Et hoc totum est cum distillatione. *Expletus est liber.*

Liber condonationis (*qui est tricesimus primus de LXX^ta^*).

In hoc autem libro nostro dicam lapides et eorum species, et dicam in ipso rem ex qua debet hec magna res que operari debet. Quod autem dixi in hoc libro de lapidibus nichil valet, preter illud quod oblivioni tradidimus; unde culpandi sumus.

Dico ergo quod quidem dixerunt quod nichil est preparandum in quo sit tinctura, preter lapides. Non tamen dixerunt quis lapis et sit, et dixerunt quod in omni lapide est hoc. Radix vero est una et isti quidem volunt elevare rem ad ordinem majorem.

---

(1) In theatro conficientes hanc percelsam scientiam philosophi posteris reliquendo, esse velut quasdam circuitiones usque adeo quidam e baratro excerpsam auderant complere, tanquam a cognitione prorsus alieni ex primo et ex secundo regimine omnino exules, mendicari consueverunt intenti quamplurimis abhorrendis.

Inter eos tamen et sapientes est diversitas. Isti enim dicunt tincturam non posse esse nisi *ex lapidibus*.

Sapientes vero perfecti dicunt quod est *ex omni re*.

Quidam vero dixerunt ea non est nisi ex aliqua illarum. Et dixerunt quidam quod non est nisi *ex argento vivo*.

Alii vero dixerunt quod est *ex sulphure solo*. Alii vero quod est ex ambobus.

Et plerique dixerunt quod non est nisi *ex auripigmento citrino*.

Alii quidem quod *ex rubeo*.

Alii vero quod *ex omnibus auripigmentis*.

Plerique etiam quod *ex sale armoniaco* tantum.

Alii vero dixerunt quod non est nisi *ex argento vivo et sulphure et auripigmento*.

Et alii dixerunt quod non est nisi ex omnibus, scilicet *ex sulphure* [fol. 76, v°, col. 1] et *auripigmento et sale armoniaco et argento vivo*, et retorserunt omnes ambiguitates librorum antiquorum ad hos spiritus.

Plerique dixerunt quod tinctura non est nisi ex *auro et argento;* et *aurum* est ad faciendum rubeum, et *argentum* ad faciendum album. Et hoc est *corpus quod dicitur fermentum*.

Alii dixerunt quod non est tinctura, nisi ex *argento vivo et sulphure,* cum admiscentur. Per quod voluerint intelligi ... propter impressionem tincture que est ex eis.

Neque conveniunt cum cum illis qui dicunt quod separata sint et ideo non perceperunt sublimari argentum vivum et sulphur, neque in omnibus preparationibus; neque ut solvantur.

Quidam vero dixerunt quod ex *nitro* et non ex alio : et est lapis major vel inventus famosus. Ratio vero eorum est quod commiscetur argento vivo et facit in eo impressionem. Scias hoc.

Aliorum vero ratio in *marchasita* est ejus inpressio et sua virtus;

Et illorum qui dicunt *de magnesia;* ejus inpressio *in nitro* et ipsius mollificatio, quam in ferro scias; et elegerunt ex eo femininam que est bona.

Alii vero dixerunt quod est *azul* et de *anoz* et *sedina* et *calcocecumenon* et *alahachik;* quorum ratio est propterea quod ista faciunt rubedinem et inpressio que est in eis : quod vero dixerunt ea facere tincturam, verum dixerunt. Sed non dixerunt verum cum dixerunt ista fortiora esse omnibus rebus que sunt in mundo.

Alii vero dixerunt quod sunt *attramenta* et *sales bauracia*. Et hec omnia bene possunt fieri ad elixyr, aut adunancia ad elixyr.

Plerique etiam dixerunt quando iste bene preparabuntur sole erunt *elixyr*. Et ad hoc jam ostendi in libris meis.

Et plerique etiam preparaverunt *ossa* et dixerunt quod non est aliud.

Alii dixerunt quod est *alchali* et non aliud.

Alii vero dixerunt quod *alchali* est bonum; sed *ejus sal* est melior; neque potuerun dicere quod ex alchali non est tinctura. Et ipsi utuntur sale ejus qui valde est acutus et fit elexir magnum.

Et plerique dicunt quod sunt lapides qui dicuntur *azauzili* et *alahamberi* et *alaratib*. Hee vero res sunt obscure. Alahanberi vero lapis similis est ambeniger qui sol-

vitur sicut plumbum; alaratib est sanguis venarum; scilicet lapis rubeus azonzeli. Vero non potest inveniri qui est parum niger [fol. 76, v°, col. 2].

Scias hoc, quia hoc est ut unum eorum que premisimus in hoc nostro libro. Scias ipsum.

Plerique vero dixerunt quod quidam eorum sunt *iacincti*. Iacincti vero cum preparabuntur erunt meliores et majorem facient tincturam. Scias hoc.

Et quidam dixerunt quod sunt *margarite*, et preparaverunt eas et de eis multum locuti sunt. Nullus vero eorum dixit secundum quod vidit et preparaverit; immo secundum quod scivit. Et non est expertus, aut secundum quod est expertus et non scivit; sicut qui magister qui operatur et ignorat quod operetur. Isti quidem non sunt philosophi. Cum autem invenerimus aliquem qui expertus est rem et est sapiens, ipse erit philosophus.

Et eorum sunt quidam qui preparaverunt duas medicina, et tres, et IIII et plures. Et hoc est maximum secretum.

Sunt etiam quidem qui ponunt X que rubificant, et tres que albificant et e contrario que minus tingunt quam ille. Causa vero quod rubificari sine albificatione non est nisi corporum et spirituum quorum natura est apta accipere ea. Quod si eorum natura non fuerit apto recipere rubedinem, oportet ut cum medicinis ponant aliquid ad albificandum, quod perducit eos ad tingendum. Et similiter agunt ea que rubificant ea in medicinis que albificant quando non fuerit in corpore preparato aptitudo recipiendi albedinem. Quod est maximum secretum. Expletus est liber.

Liber 32.

Liber fornacis (*qui est XXXII^us de LXX^ta*).

In hoc nostro. libro dicam rem in *Saturno* et ejus preparationes secundum sermonem integrum. Dico ergo quod ejus natura est frigida et sicca, scilicet *colera* nigra. Similiter quidquid *huic stelle* magis existit, simile est *Plumbum* et inpossibile est quin omnis arbor aut omnis lapis aut animal existat unius .iiij. naturarum, scilicet utriusque *colere* et *flegmatis* et *sanguinis*. Et in eo componuntur simile cum simili et contraria cum suis contrariis. Hec autem nature omnes in omni re sunt manifeste complete; aut occulte complete. Et inpossibile est quin in omni re sint due nature *agens* et *patiens*, et *manifeste agens* et *patiens occulte*.

Significatio vero completi est illud quod in *Argento* est manifestum est diminutum, et quod in eo est occultum est completum.

In *Auro* vero est hujusmodi conversio. Quapropter est facile reducere corpora ad suas radices in brevi tempore et hoc ut convertas naturas in corporibus et ut ponas occultum manifestum et manifestum occultum.

Quod autem in *Ferro* est manifestum est corruptum, [fol. 77, col. 1] et ejus occultum similiter manifestum ejus est *Ferrum* et est corruptum compa[ra]tione *Argenti* et *Auri* et ejus occultum et *Argentum vivum*, quod est in comparatione eorum corruptum.

Cum ergo conversum fuerit *Ferrum* ad *argenteitatem vivam,* erit tunc ejus occultum frigidum et humidum et ejus manifestum calidum et siccum.

Fac ergo ejus occultum, manifestum ut ejus manifestum occultum fieret. Ergo ejus manifestum calidum et humidum et adeptum fuit calorem ex motu cordis et hoc est *Aurum.*

Et fiet ejus occultum frigidum et siccum et istud est *Argentum* aut *Plumbum.*

Sunt enim quidem qui dicunt quod occultum est *Auri Plumbum* et quidem dicunt quod est *Argentum,* et hoc est bonum. Hoc autem dicam totum et quomodo convertantur. Et hoc est ut scias quod istorum corporum oportet occultare ambas natura[s] manifestas, et manifestare ambas occultas, donec compleatur et fiat corpus non corruptibile, secundum quod necesse est. Et hoc est magnum secretum. In quibus vero horum corporum oportet ut unum elementorum ejus occultum ejus propelletur et ejus contrarium occultetur. Et hoc quidem totum dicam ideo ut ipsum scias.

De *natura Plumbi.* Plumbum est frigidum et siccum. Ejus quidem manifestum est molle multum; et ejus occultum est calidum et humidum et durum. Omnes enim res quas deus condidit manifestum est contrarium ipsius occulte in mollicie et duricie. Dicentur vero ad hoc quod quando convertentur ejus nature, fiet ejus occultum manifestum et ejus manifestum occultum. Si fuerit molle convertetur in duriciem, et si durum in molliciem. Hoc igitur est quod est in *Plumbo* de sermone.

De *natura Stagni.* Stagni vero radix est composita ex iiij^{or} naturis. Ejus manifestum est frigidum et humidum et molle, et ejus occultum est calidum et siccum et durum sicut primum. Et quia equanimiter sunt nature in ipso sicut in alio corpore vocaverunt ipsum *Plumbum.* Scias hoc.

Occultum ergo ejus est *Ferrum* et manifestum *Plumbum.* Et hoc est quod cum tu occultaveris ejus manifestum, manifestaveris ejus occultum, fiet *Ferrum.* Et hoc est facile in una die aut duobus et est propinquum et est longinquum. Sed inter ea est differentia, neque elegerunt quod est longinquum, nisi quod unum tingat mille et medium tingit centena, et propinquum tingit decena. Scias hoc

De *natura Ferri.* Ferri autem radix componitur ex iiij^{or} naturis. Ejus quidem manifestum est calidum et siccum et durum, et occultum secundum hanc radicem frigidum et humidum et molle. Neque in alio corpore est aliquid durius ipsius manifesto, et similiter est ejus mollicies. Et manifestabitur cum preparando convertetur [fol. 77, col. 2] et quod secundum hoc est exemptum est Argentum vivum. Ipsius enim occultum est *Ferrum* et ejus manifestum est *Argentum vivum.* Cum ergo occultabitur ejus manifestum et manifestabitur ejus occultum convertetur. Aut si volueris minuere ejus calorem et apparebit ejus frigiditas et fiet *Argentum.* Aut minuere ejus siccitatem et apparebit ejus humiditas et fiet *Aurum.* De *Ferro* autem jam diximus quod in eo sufficit.

De *natura Auri.* Aurum vero solum est calidum et humidum in suo manifesto, et frigidum et siccum in suo occulto. Converte ergo omnia corpora in suo manifesto et frigidum et siccum in suo occulto et ad suam naturam. Hec enim natura temperata existit, quod si in ipso augere volueris, donec tingat *Argentum* et fiat sicut *Aurum* de minera, aufer frigus. Et hoc ut calorem ejus augmentes et minuas ejus humidi-

tatem donec fiat calidum et siccum. Rubedo enim ejus vigorabitur. Scias hoc secretum quia est radix in tinctura *Auri* et in convertendo ipsum elixyr bonum.

De *natura Eris. Veneris* vero natura calida est et sicca et est minus ferro. Radix enim calida et humida, scilicet *Aurum*. Et quia accidit ei siccitas in sua minera corrupta fuit, aufer ejus siccitatem et redibit ad naturam suam.

De *natura Argenti vivi*. Argenti vero vivi secundum ipsius manifestum natura est frigida et humida et mollis; et ejus occultum est calidum et siccum et durum sine dubio. Manifestum igitur est *Argentum vivum* et ejus occultum est *Ferrum;* sicut occultum *Ferri* est *Argentum vivum* et ejus manifestum est *Ferrum*. Quod si volueris convertere Argentum vivum ad suam radicem, modus est ut convertas ipsum primum in *Argentum*. Et hoc est ut occultes ejus humiditatem et manifestes ejus siccitatem, tunc enim fiet *Argentum*. Et hic est primus ordo. Et si volueris complere ipsum converte argentum donec fiat ejus manifestum occultum et occultum manifestum, scilicet due nature agens et faciens. Ergo erit ejus occultum calidum et humidum, id est aurum, et ejus manifestum frigidum et siccum, scilicet *Ferrum*. Et hoc est quod est in Argento vivo.

De *natura argenti*. Argenti vero radix est *Aurum,* quod converterunt frigiditas et siccitas et ipsum in suo occulto occultavit *Aurum*. Si ergo ipsum in Auro convertere volueris, occulta ejus frigiditatem et apparebit ejus caliditas. Deinde occulta ejus siccitatem et manifestabitur ejus humiditas et fiat *Aurum*.

Et iste quidem sunt preparationes omnium corporum. *Expletus est liber.*

Liber 33. (*Liber claritatis est qui est XXXIII^us de LXX^ta.*)

In hoc libro dicam aliquid de *lapidibus* [fol. 77, v°, col. 1] et proprie de *Jove* et ejus causa et ipsius preparatione secundum quod premissum est. Dico ergo quod quidem dicunt ipsum esse calidum et humidum. Et alii quod est frigidus et humidus. Sed secundum est melius. Intus autem calidus est et siccus. Qui autem ipsum dixit calidum et humidum in suo manifesto, dixit quod in ejus occulto est hujus conversio. Neque dixerunt quod esset unius nature, nisi propter *Jovem,* qui apud eos est sanguineus. Ipsum vero ad suam reducere naturam est facile. Et hoc est quod manifestum ejus est frigidum et humidum. Ergo ejus occultum est calidum et siccum.

Si ergo ipsum convertas erit *Aurum* et erit siccum. Et si volueris ipsum complere convertes eum. Et hoc non est experientie. Ipsum vero ad suam reducere radicem est subtile et est magisterii veri. Sed relinquitur quod est vile, comparatione aliarum rerum magnarum. Et si volueris convertere ipsum ad *Lunam;* convertere ejus naturam de modo ad modum, donec veniat sicut vis.

Et jam locuti sumus de istis modis in nostro libro qui dicitur *Ebicalinor, qui est de. C. et XII.* Neque poterat esse quin hic quoque dixissemus quantum est magna radix. Et ipso est magna utilitas et labor paucus et preparatio pauca. Jam ergo diximus quomodo est ejus radix.

Modus vero operationis ejus. Ut scias ipsum prius. Quod jam apropriavimus unum-

quemque nostrorum librorum corpori uni. Et in quibus ea inveniuntur. Et sermo super unum ita est, sicut sermo super totum. Scias hoc et scias quod conversio horum corporum ad substantiam completam fit secundum tres modos. Aut cum erit elixyr magno et convertes ipsum in una hora, cum re que longo tempore fuit preparata sicut clare subtantiam. Et hic est unus trium modorum.

Aut ut convertas ipsum ab hac minera corrupta ad mineram bonam. Et hoc est ut cum igne solum prepares. Et hic est modus quo corpora ad suam primam naturam convertuntur. Et est ille quem dicemus in hiis nostris libris. Scias ipsum.

Tercius vero modus est ut prepares unumquodque horum corporum cum medicinis propinquis, que operantur in sua hora, sicut illa que in longum preparantur tempore. Et hec sunt res bone et subtiles et eorum conversio cum igne solum, sine medicinis et sine aliis rebus.

Est alius modus. Et ipse est modus compositionum. Et hoc est ut componas quedam eorum cum aliis. Et fiet ex eis substantia clara bona sine medicinis omnino; nisi ejus de quibus non curantur.

Et in modo componendi est alius modus. Et hic est ut componantur aliqua corpora, ut sunt cum medicinis preparata. Et proveniet ex eis bona res et cujusque horum [fol. 77, v°, col. 2] que dixi ponam tibi exemplum. Nisi secundum ipsum opereris et ut apud te sit verum et facile, elixyr magnum convertit corpora, sicut diximus in nostris libris qui preterierunt.

Non est ergo necesse ut probemus hoc et hoc est bonum exemplum. Neque negatur nisi ab eo qui negat magisterium. Et loqui cum illo est alterius modi. Et hoc est ut probetur illi quod magisterium est verum. Scias hoc. Significatio vero quod preparatio eorum cum igne solum sine medicinis est bona.

Est ut facias de *Plumbo* cerusam et litargirum. Deinde sublimabit illud et quod inde proveniet fiet quod non est plumbum. Et ipsum tamen est *Plumbum;* sed pulcrum habet colorem et ejus virtus non est virtus plumbi. Et hec est propinqua significatio.

Modus vero preparandi ipsum cum medicinis propinquis, que faciunt in ipsis venire colores et operationes que removent ipsum ab hoc ut sit Plumbum. Est sicut assare ipsum cum calce et auripigmento citrino. Et hoc est ut fiant ex eo lamine tenues ad modum denarii. Deinde inungantur ex talc et auripigmento citrino, cum albumine ovi et desiccentur. Deinde involvantur calce facta de testis ovorum et ponantur in fornace vitriarii, posita in parva olla, per diem et noctem. Deinde extrahe et ablue a medicinis et adde talc et salem armoniacum. Et involve calce facta de vitellis ovorum. Et fac de ipso sicut prius fecisti, et egredietur *Plumbum*.

Deinde redi ad hoc ipsum iterando et egredietur *Argentum* rectum. Et precipue cum iteraberis super ipsum auripigmentum et albumen ovi et salem armoniacum et calcem de testis ovorum et involveris calce viva multociens. Et cum hoc prepara ipsum, quia hec est maxima experientia. Et est primus ordo quem diximus in principio libri. Et si volueris ipsum complere et fac ex ipso tabulas. Postea involve ipsam calce non extincta et calce facta de testis ovorum et sale et pone in cucurbitam vitream cujus collum sit longum et superpone alembic. Et distilla ipsum. Et sume aquam, postquam tota distillata fuerit, et invenies ipsum corpus simile *Argento*. Et si posueris in hac calce et in calce de testis ovorum de sale armoniaco et de calce

et de virgis mirti et de auripigmento tantum quantum de illa viva calce et involveris tabulis hac medicina trita. Et postmodum distillaveris et distillabitur. Et postea iteraveris operationem cum aliis medicinis. Et distillabitur aqua pauca minora parva multum. Et ita feceris donec cum [fol. 78, col. 1] volueris distillare cum aliqua medicina, nichil aque [r]emanebit. Perveniet tunc ad *Argentum vivum* purum. Fac de eo quod vis. Et hoc est cum quod probatur quod hoc magisterium est bene verum, operare cum eo. Et ego dicam tibi de medicinis que faciunt ipsum *Argentum*. Et iste medicine sunt omnis medicina que facit siccari humores qui sunt in *Plumbo*, sicut talc et alumen, et sal armoniacum, et calx et galle et alchali et sales et bauracia. Hoc enim cum operatum fuerit in *Plumbo*, desiccabunt ipsum. Et natura harum medicinarum est desiccare humores rerum mollium. Scias et de medicinis que proprie pertinent *Plumbo* sunt auripigmenta et almarchasita et cinis, mirti et sales. Neque adjungas ei sulphur et operare secundum sensum tu[u]m et invenies, si deus voluerit. *Expletus est liber*.

Liber *reprehensionis qui est XXVIIIus de LXX.* — Liber 34.

In hoc libro dicam substantiam *Martis*, et que infirmitates sunt in eo et reversionem ejus ad suam radicem. Ejus vero natura est calida et sicca. Plerique vero ignari dixerunt quod est frigidum propter acetositatem suam. Sed sine dubio in suo manifesto est calidum et sic[cum], et in suo occulto est frigidum et humidum. Et cum conversum fuerit, ita ut fiat ejus manifestum occultum et ejus occultum manifestum, et appareat *argenteitas* viva occulti ipsius, faciet operationes bonas et magnas. Et cum extractum fuerit occultum illius *Argenti vivi*, fiet *Aurum* completum.

Ipsum vero est valde siccum. Et plerique dixerunt quod ejus occultum non est nisi *Ferrum;* qui quidem dixerunt. Nobis vero facilius est convertere ipsum ex *Argento vivo* in *Aurum*, quam extrahere ex ipso aliquid corpus secundum radicem vero quam diximus. Scilicet cum convertimus *Ferrum*, fiet *Argentum vivum*.

Hec oratio indiget expositione. Scias quod radix est fixa. Quid est autem fixum et intellectu est, ut dicamus quod quando ceperimus frigidum et siccum. Et jam manifestum est quod omne compositum componitur ex .iiij. naturis, duabus manifestis et duabus occultis. Et omne manifestum est contrario occultum. Tunc manifestum est quod cum abstulerimus manifestum alicujus corporis, apparebit ipsius contrarium. Quoniam contraria fugant se et non potest esse quod occultum omnino naturaliter fiatmanifestum. Sed omne corpus habet aliquam naturam occultam, que convertitur in manifestam, et aliquam manifestam, que convertitur in occultam. Neque provenit demonstratio secondum motum, nisi secundum augmentum et diminutionem.

Natura enim occulti est diminuta et constricta [fol. 78, col. 2], et natura manifesti vincit. Et sapientes, quia non potuerunt manifestare occultum, nisi cum medicinis quas prediximus, viderunt quod operatio medicinarum est sicut operatio naturarum. Ex eis namque sunt facte, et ipse etiam sunt habentes naturas. Postea consideraverunt istas

medicinas et invenerunt quod sunt utiliores. Simplex enim est sicut simplici et compositum composito.

Et dixerunt quod si inhumaverimus sub terra, confundentur. Et si dimeserimus in aere, nichil conferret, et tempus non operaretur in eo aliquid. Et si tempus operaretur, esset vile apud gentes. Et si dimiserimus in aqua, non augebitur aliquid in eo, quod non crescet. Et si dimiserimus in igne, finiretur totum. Ergo pervenerunt ad dubitationem maximam.

Donec venit *Harius* et invenit eis modum fundendi. Docuit eis preparationem secundum ignem. Et docuit eos quod fusio, quam credebant errorem esse, est verum. Et experierunt sermonem ejus et invenerunt sicut dixit.

Fundendi vero operatio est talis. Sume vas unum rotundum et involve totum ex luto magisterii; quod non scinditur, quod diximus in *nostro libro qui est de lutis de .C. et .XII.*, et dimitte siccari. Deinde seinde per medium et extrahe formam et conjunge utramque partem, et redibit sicut vas primum. Deinde pone intus in ollam formam quodcumque corpus volueris et conjunge bene. Deinde fac instrumentum quo moveatur orbiculariter, motu continuo. Et hoc ut ponas ipsum in furno. Et facias ei quasi rotam. Et accendis sub eo ignem mediocrem. Et hoc est scias quantitatem ignis et sit ignis de lignis et situnis, quod est melius. Et pone simul duo ligna. Et accende igne per unum mensem. Et convertet ipsum de colore in colorem. Et ita facias accendendo ignem, donec egrediatur *sol* purus. Et ut augebis ignem, ita augmentabitur tinctura. Et tingit *argentum* colore bono. Et ita fecias cum unoquoque corpore.

Aliquod enim corpus egredietur prima vice *Aurum*. Et aliquod corpus egredietur es. Et aliquod corpus egredietur *Ferrum*. Et ita facias de unoquoque corpore, et experiendo videbis mirabilia. Et melius quod dixerunt de *Ferro,* est ut mollifices ipsum : omnibus preparationibus et omnibus elixionibus tingant ipsum, quoniam adhibebit ei tinctura.

Modus mollificandi Martem. — Modus mollificandi ipsum est, ut asses ipsum cum auripigmento, et fundas et distillas. Descendet enim corpus album. Deinde assa ipsum triduo igne continuo, vehementi igne quaque die. Pondera ipsum cum auripigmento, semel apponendo de auripigmento quantum ipsum est. Postea distilla ipsum et invenies ipsum album frangibile. Deinde tere ipsum cum triplo sui de nitro. Et sperge cum oleo et distilla *Argentum* [fol. 78, v°, col. 1] liquefaciendo. Scilicet et invenies album sicut argentum, fundetur. Sicut *Argentum* utere eo in omnibus que volueris. Rubificare ipsum est facile et nos diximus tibi in libro preparationum. Et si liquefeceris ipsum facies *Argentum citrinum*. Et si addideris facies *Aurum* argentum rectum. Et cum hoc potest probari quod magisterium est verum. *Expletus est liber.*

Liber limpadi (1).

Hic noster liber est de *Sole* et preparationibus ejus, secundum sermonem completum. *Aurum* calidum est et humidum. Et ejus occultum est frigidum et siccum. Et ejus natura est temperata, et similitur omnis res in qua est caliditas et humiditas. Et si ipsa est tanta quantitas caloris et humoris quanta in auro est temperata. Et si fuerit homo, erit flavus; nec erit levis nec gravis, et erit boni sensus, et temperatus. Apud homines non est diversitas, quoniam *Plombum* sit vicinius. *Auro* omnibus corporibus. Et hoc est quod ejus manifestum est occultum *Auri* et ejus occultum est manifestum Auri. Quod quidem leviter medicari potest, nisi quod quidam dixerunt quod *Stagnum* est vicinius aurum quam *Plumbum*, sed erraverunt.

Dixerunt quod potest esse quod sit *Aurum*. In quo quidem verum dixerunt. Sed facere *Aurum* ex *Plumbo* est facilius quam ex *Stagno*. Et eo est ponderosius et est in omni loco melius. Et etiam *Plumbum* non indiget nisi preparatione una ut fiat *Aurum*. *Stagnum* vero multis indiget preparationibus.

Noster quoque sermo, quo diximus *Stagnum Aurum* posse fieri, non te decipiat. Dico ergo quod, quia color ejus est clarior, est difficilius ad colorandum. Et quod dicimus de *Stagno*, dicimus de aliis corporibus. Scilicet quod convertuntur in *Aurum* cum multis preparationibus. Et quod dicimus de *Plumbo* quod est vicinius *Auro*, non dicimus de alio. Post ipsum vero est *Argentum*. Ipsum enim in sua natura est liberum ab omnibus infirmitatibus, nec restat aliud nisi coloratio tantum.

Scias hoc. Et scias quod etiam *Plumbum* vicinius est *Argento* omnibus aliis corporibus. Potest enim converti preparationem ignis et paucis medicinis. Scias hoc. Medicina autem major convertendi *Argentum* et *Plumbum* in *Aurum* est una. Et quod ei vicinium est, post duo corpora que diximus, est *Ferrum* et *Es* et *Argentum vivum*. Sed hec habent preparationes alias. Scias hoc. Et scias quod postquam *Ferrum* adjungitur *Auro* numquam separatur ab eo. Et cum adjungitur *Argen-* [fol. 78, v°, col. 2] *to* stans cum *Auro*, tingit ipsum pulcro colore. Et faciet eum quasi *Aurum*. Et secundum verificationem quantitatis commixtionis erit coloratio *Ferri* in *Argento*. Scilicet si commixtio fuerit separata, erit firma. Et si fuerit diversa, colorabit unam partem ejus.

Aurum vero non corrumpitur. Si enim corrumperetur, minueretur, et si minueretur, dissiparetur. Nisi ingrediantur super ipsum infirmitates. De eis vero que operantur operationes magnas est viride de *Auro* et ejus utifur de *Auro*. Et est melius quod est in *Auro* ut scidez (?) et calx ejus. Et similiter sit sicut calx Plumbi et calx Plumbi non est completa albedo. Naınque ejus removetur. Et sic nigredo et albedo ignis non removetur, nec vincitur; sed vincit omnem rem. Scias hoc. vel ... *Auro* est

(1) Le Livre de l'or.

mira
mul
M
in q
Et s
ejus
rube
albu
faul
aceti
cata
Tere
cola
acet
aceti
cum
para
fimu
rens
volu
ad i
attra
bene
tres
magi

In
egrit
Dico
hec e
dixe
est *F*
tunc
Eg
occu
Cu
Qu
ipsiu
humi
festu

Plerique dixerunt quod ejus occultum est *Argentum*. In preparatione vero *Argenti* est mira res; neque preparaverunt ipsum homines magis quam aliud in quod ipsi dicunt idem *Es* est sicut *Argentum* in suo pondere et sua duricie. Sed est rubeum tantum. Et qui abstulerit ejus rubedinem fiet Argentum. Nobis autem melius videtur auferre ejus nigredinem et fiet *Aurum*, quod est propinquius et facilius.

Ego autem dicam quomodo aufertur ejus nigredo et convertitur in *Aurum*, et cum hoc probatur quod magisterium sit verum.

Excommunicatus sit qui legerit hunc meum librum et invenerit in eo rem cum preparatione sua, nisi experiatur ipsam ad hoc, ut sciat veritatem nostram. Ego sim [fol. 79, col. 1] excommunicatus, si dixero aliquid diminutum, aut occultum, aut cum alio commixtum, nisi quod dixero esse occultum.

Quod non facias, donec solvas ejus occultationem. Scias autem hoc totum et estima bene quod nos diximus. Ideo ut videas affirmationem hujus magisterii in istis corporibus, et scias quantitatem elixyr primi et majoris. Et erit facile tibi audire istas res. Et si operatus non fueris et quia magisterium jam tibi affirmatum est duobus modis, quorum unus est experientia, que in tuo intellectu est. Nam et alter cum viderit res istas converti cum preparationibus facilibus, non dubitabit. Et si res iste adjuncte fuerint, quin ipse augeant, nisi si non habueris intellectum quo scire possis. Et si experti fueris, testimonium perhibebis de eo quod vidisti, et credes nobis in eis que non vidisti, sicut credidisti in eis que vidisti. Nisi si non habueris intellectum cum quo intelligas. Jam ergo affirmatum est totum super totius totum.

Ego autem dicam hic de ipso quod promisi de medicando ipsum et convertendo ad suam radicem. Scias autem quod egreditur de ipso serge ejus, quod est calx ovis ejus, et fit ex eo scoride. Et hoc est species calcum ejus. Et fit ex eo viride. Et hoc est ut comburatur et remaneat corpus sic, donec finiatur. Ejus vero serge fiet album clarum sicut argentum et ejus viride fiat et rubeum sicut grana[tum] clarum, cum quo tingitur argentum colore pulcro. Et totum hoc debes scire, ideo ut ostendantur colores cum scientia, quos videbis in operatione.

Convertere autem ipsum in *Solem* aut *Lunam* hoc modo contingit : combure *Es*, aut sume calcinum. Hoc enim propinquius est. Et mitte ipsum in ignem, donec fiat rubeum, et extingue ipsum in oleo claro ... et cave ne mutas eum in oleum, dum est calidum. Sed fiat hoc diversis horis, neque mutes ipsum oleum, dum est clarum. Postea, calefac ipsum et extingue in oleo 3oo vicibus. Et muta oleum quociens poteris; sed sit semper frigidum. Et cum compleveris istud, tere ipsum si teretur. Et fac ipsum descendere per botum barbatum cum baurax mixtum, aut cum aliis rebus que faciunt res mollificari. Et descendet *Aurum*. Et si velis ipsum purum facere, pone ex eo partem. i. et *Auri* partem. i. et *Argentum* partem. i. Et cum hoc probabis quod magisterium est verum. Hoc autem *Es* quod descendit, misceatur cum equali parte *Ferri* quod descendet sicut *Argentum*. Et conjungatur totum cum *Argento* et fiet citrinum. Deinde conjungatur *Auro*. Et pingetur et fiet bo- [fol. 79, v°, col. 1] num. Et in hoc est magna probatio. Et in *Ere* est alia preparatio magna, in qua est magna probatio quod hoc magisterium est verum. Et hoc est ut tingas *Es* in aliquo medicamine. Et egredietur *Aurum*, sicut auricalcum. Postea prepara ipsum et adjunge

ipsum *Auro,* neque commisceas in principio cum egredietur, quoniam *Aurum* fieret nigrum.

Ejus autem preparatio est ita : sume marchasite citrine aut tuthie inde femine, magnesie, salis armoniaci cristallini, foliorum albotini venarum citrinarum partes equales. Tere omnia, donec fiant sicut medulla. Deinde consperge ex spuma dactilorum, combulliantur. Fiat ex eis unum et pone in alcuza lutata bene, cujus os sit firmum bene. Et assetur per noctem. in athanor, cum igne fimi. Et extrahe, et invenies ipsum nigrum parumper rubeum. Deinde tere ipsum et prohice ex eo. ℈. 2. paulatim et paulatim super. ℈. 10. *Eris* rubei fusi. Et egredietur *Aurum* rubeum. Quod quando commiscebitur *Auro* fiet nigrum. Modus autem in eo est ut sumas de *Auro* purgato a sordibus; cum sale et aceto. ℈. 10. et *Argenti* extracti ex auro. ℈. 10. et solvantur simul. Et desuper prohiciantur. ℈. 2. istius medicaminis. Et egredietur *Aurum* rubeum. Quorum recipietur pro alio; aut si velis, solve *Es* et prohice super ipsum. ℈. 4, 5. istius medicaminis. Et misce ipsum cum *Argento* et *Auro* et fiet bonum. Ipsum autem in purgatione non erit fixum. Medicina vero qui in *Ere* magnam exercet operationem est tucia. Et qui scivit ipsum preparare, cum tucia tinget ipsum colore *Auri* et faciet proficuum suum ex eo.

In hoc libro (1) dicam mercurium et causam ejus et ejus principium et modos preparandi ipsum, secundum sermonem completum. *Mercurius* est nomen *Argenti vivi,* et ex speciebus quod est frigidum et humidum. Ejus manifestum est album, propter frigiditatem et humiditatem que est in ipso. Ejus occultum est rubeum, propter caliditatem et siccitatem. Et est substantia bona, cito recipiens colores et bone operationis et velocis inpressionis. Cum quo magistri experti sunt magisterium suum et dixerunt quod ipsedis putavit cum *Auro.* Et sic se jactavit dicens : « Ego sum qui abhorres omni corpore preter te, neque recipio nisi te. Et ego sum excellentior omnibus rebus et facio hanc et illam rem ». Et recitavit ei multa ex operibus suis.

Et dicunt quod *Aurum* respondit [fol. 79, v°, col. 2] ei et dixit : « Ego sum quod reges super capita sua deferunt. Et meum est auferre et dare, et per me auferunt animas. Ego sum conferens et nocens, ex precepto dei. » Et insuper recitavit ei multa ex suis operibus.

Argentum vero *vivum* respondit dicens : « Ex me fit talis et talis res. Et quis dederit michi bibere nitrum (?) et edere Venerem, ex una parte mei faciet mille partes tui. Et homines cuncti querunt hoc et non possunt ad illud pervenire. Et tamen est facile. Et qui potaverit me ex nitro, faciam albedinem. Et qui cibaverit me ex *Ere,* faciam rubedinem. Hec enim sunt corpora que valde desidero ». Hunc autem sermonem bene exposuerunt.

Ego autem nec vidi nec audivi quod *Argentum vivum* habeat operationes plures quam tres, qui sunt utiles et bone. Ex eis est ut cum nitro dispensetur, neque velis aliam preparationem preter hanc. Est enim magna et bona et utilis et probata. Tingit

(1) Livre nouveau.

enim *Es* colore *Argenti* et etiam *Ferrum* et purgat *duo Plumba* et congelat *Argentum vivum*. Et ex eis omnibus faciet *Argentum fixum*.

Et si miscueris *Ferrum* et *Es* et duo *Plumba* et *Argentum vivum*, et omnia generata, et projeceris ex eo super ipsa, tinget omnia colore *Argenti*.

Scias hoc. Et in hoc sunt multe cause quarum nullam pretermisi ad dicendum, secundum meum posse et secundum meum scire, cum probatione intellectus vera et recta, neque superest nobis aliud ad faciendum.

Secundus vero modus est ut qui preparaverit *Argentum vivum* cum eo quod dixit *Plato*, quod est melius; aut cum eo quod dixerunt alii, tingendi faciet rubeum bonum. Et locutio de eo est de eo cum nitro vel propinquum ei. Ipsum enim *Solis* tingit *Argentum* colore *Auri* et *Argentum vivum* et *Es*. In aliis vero rebus nichil vidi ipsum operari.

Modus autem tercius est ille quem dicunt homines. Scilicet quod ipsum est radix omnis rei. Dicunt quod ipsum solum est preparandum, et ex eo tinctura bona et inpressio vehemens, sicut fortitudo exirium et vigentium. Ipsum enim operatur in eis operationem magnam et secundum. Quod operatur vel preparatur est ejus inpressio in corporibus. Si enim integre preparetur, faciet operationem completam [fol. 80, col. 1]. Et si preparatione diminuta operatus fuerit, faciet operationem diminutam.

Semper enim operabitur. Et tinctura cujuslibet elixyr est secundum ejus preparationem : quemadmodum dixerunt quidam, « sicut seminabis, ita et metes ». Scias hoc.

Jam autem diximus de ipso res magnas de *Argento vivo*, et in *libro* FERMENTORUM et in libris istis et multis aliis, et in LIBRO PIETATIS exposito, qui est radix omnium istorum librorum, et ipse conjungit radices omnium istarum operationum et omnium istarum scientiarum. Hii ergo sunt modi quos diximus in principio libri. Quod si super ipsum alia fuerint posita corpora et spiritus, erit res magna, et non erit sicut isti tres modi. Fundere vero ipsum cum igne est sua preparatio solum. Et est verum quoniam istud est necessarium propter regulam primam. Scias hoc.

Modus autem fundendi cum fusorio spico. Ipsum enim reducit illud ad suam radicem, sicut natura reducit ipsum equaliter. Et si velis alio modo operari, quod valet tantum quantum ille spiritus, congela ipsum in una hora, et in uno die et nocte. Et res que vehementer congelant illud est *Plumbum* de alchofol, et *Plumbum* de litargiro, et *Plumbum* de scoriis et *Plumbum* de sirez. Hec enim subito congelant ipsum, et alcanne, vel attarere, et saranutar et marchasita. Hec congelant ipsum subito. Et similiter sulphur et cera operantur in ipso rem propinquam. Et de rebus que sunt ei bone sunt omnes res que desiccant, et sicut sal et alumen et galle, et cortices granatorum, et sunbetiz. Hec enim subito constringunt ipsum.

Modus vero congelandi ipsum absque medicina est sic : inpleatur ex ipso vas forte usque ad summum; cujus capud cohoperiatur cum sale et calce et albumine ovi. Et permittatur siccari. Et sub eo accendatur ignis levis, mane usque ad noctem, secundum ... Postea considera ipsum, et si inveneris ipsum fluxibile, accende ignem sub eo per alium diem. Deinde extrahe ipsum. Et invenies ipsum lapidem qui funditur sicut *Plumbum* et est album sicut *Argentum*.

Neque est differentia inter ipsa, nisi quod cito funditur. Funde ipsum et prohice

in salem solutum, donec durescat et fiat *Argentum*. De bonis operibus probatur quod magisterium est verum est, ut teratur cum tanto salis quantum est ejus tercia per mensem. Donec fiat cinis niger, qui non unificetur, neque in humatione neque cum ablusione, neque cum igne. Postea lava ipsum, terendo cum aqua et sale, per decem dies. Deinde tere ipsum cum sale armoniaco vigenti diebus sicut prius. Postea funde ipsum cum nitro. Et fiet *Argentum* rectum et purum.

His hoster LIBER est de LUNA (1) et de eo quod est ei [fol. 80, col. 2] proprium. Et est *Argentum* quod est frigidum et siccum, cujus occultum est calidum et humidum. Et est propinquius *Auro* omnibus corporibus, preterquam *Plumbum*. Occultum ejus est manifestum *Auri* et manifestum ejus est ipsius occultum. Et cum convertis ipsum fiet *Aurum*. Neque est in ipso aliqua infirmitas, nisi ejus color. Et qui sciverit convertere *Aurum* in *Argentum*, sciet convertere *Argentum* in *Aurum*.

Ad hoc autem sunt pondera termini que preparator studeat scire. Cum enim sciet pondera, sciet totum magisterium. Et qui ignorat pondera, non laboret in hiis nostris libris.

Philosophi enim nichil suarum rerum nisi per hoc; neque aliquid occultaverunt, nisi hoc esset. Sed ideo occultaverunt, quia sciverunt quod si homines scirent hoc, deriderent eos, et esset eis grave; et fortasse ab eis interficentur. Fuerunt ergo honorati ergo ab omnibus propter scientiam istam. Et eorum sermo est quod unus valet plus quam mille. Et jam etiam dixerunt ideo quod multum occultaverunt.

Et ideo attulimus probationem manifestam et modum occultum; neque curamus utrum gentes sciant hoc vel nesciant. Neque enim fecimus libros nostros, nisi nobis et filiis nostris. Et quicumque hominum pervenerint ad intelligendum eos, erit ex nobis; et qui non pervenerit erit contrarius nobis. Justum igitur est quod fecimus. Et hoc est quedam res bona. Et hoc est quod si aliquis sciret totum magisterium et esset subtilior omnibus et non operaretur quod esset ejus habitudo apud eos qui sciunt, et si dixerit quod timet reges et homines : forsitan sic est. Deus enim dedit scientiam ei et abstulit ei utilitatem inmittendo timorem in animam ejus. Ergo rogemus Deum, ut det nobis scientiam utilem et sensum multum. Et revertamur ad nostram primam intentionem.

Scias quod *Argentum* est substantia clara, in qua non fit rubedo vel rubigo, neque putrescit. Et ideo factum est apud ignem firmum et apud tempus inhumatione plus quam alias. Sicut *Aurum* est eo firmus, neque dissipatur, nisi ingrediantur super ipsum alique cause.

Neque philosophi corruperunt *Lunam*, nisi ut augmentarent ejus colorem sicut fecerunt *Solem;* quemadmodum diximus in tractatu *Auri*. Et scias quod ipsum habet [fol. 80, v°, col. 1] uzifur et scorides : id est cerusam. Et ejus scorides ita sit sicut scorides *Plumbi*. Et habet tincturam fortem. Et ejus calx est alba sicut omnes calces, et habet azunzar. Sed non est nisi postquam adjunxerit ei aliud quod reducat illud ad naturam ignis. Argentum enim ipsum cum in ipso fit azunzar. In facie sit *Es*, et *Es* cum

(1) Livre nouveau.

non est in eo azinzar est *Es* in facie. Uzifur vero eos tingit *Argentum* citrino colore et tingit ipsum rubeo colore, cum fuerit forte et iterato fuerit super ipsum. Et illud quod ex eo descendit est corpus citrinum, et tingit *Argentum* etiam.

Ex scorides vero ejus descendit *Plumbum*, quod tingit *Es* colore *Argenti*. Ab azinzar vero descendit *Es* et dicitur *Es Argentum*. Ejus quoque es alio modo extrahitur. Sed *Es* ecanzar ipsius est fortius et colorat *Argentum* colore citrino et rubeo. Scias hoc.

Jam diximus in precedentibus quod *Argentum* non putrescit, eo quod ejus substantia est clara, et est melius omnibus corporibus post *Aurum*. Quod si velis ipsum reducere ad radicem suam, fac cum omnibus rebus rubificantibus, sicut cum attramentis et cum aquis rubeis ex eis factis, et cum aliis rebus et cum terris que rubificant propinquis et longinquis.

Melior vero modus convertendi ipsum in *Aurum* est hic : extrahe *oleum* de *vitellis ovorum*. Et teras ipsum bene cum duenec, id est vitriolum ; donec fiat sicut medulla, et dimittas. Deinde tere sal armoniacum cristallinum cum melle de anacardis, donec fiat sicut medulla. Sitque pondus salis armoniaci sicut pondus duenec, et sit pondus mellis sicut pondus olei. Conjunge omnia, et assa illud assatione levi, et repone postea.

Sume magnesie, marchasite citrine, sedine rubee, tuthie marine .℈ i. auripigmenti citrini tabellati quantum est pondus omnium. Tere totum cum aceto et assa leviter. Et teratur et inbibatur ex *vitellis ovorum*. Postea teratur et sublimetur in alutel parvo. Et quod sublimatur ex eo reduc ad aliud et tere bene cum vitellis ovorum, et sublima sic tres, donec ex eo nichil sublimetur. Teratur cum medicina alia, donec totum misceatur. Et prohiciatur ex eo .℈.i. super .100. *Eris* aut *Argenti*, et fiet *Aurum* purum. Aut si volueris desponsa ipsum cum *Auro*. Et jam diximus complementum istius capituli in libro alienicua. Ipse enim simile *capitulo Moysi*. Et si preparaveris ipsum sicut est [fol. 80, v°, col. 2] scriptum, invenies ipsum sicut diximus. Scias quod nichil occultavimus (1).

In hoc LIBRO dicam causam IGNIS. Dico ergo quod ipse est unum de elementis ; est secundum et ejus tinctura melior est omnibus aliis tincturis, et neque omnia elementa operantur tantum quantum ipse in duabus influitatibus et obhonoraverunt philosophi illum lapidem. Et nisi fuerunt eo et eorum intentio in eo, fuit tinctura. Neque dixerunt quod res est de uno et in uno, nisi ut tu sumeres ex lapide libram vel 10 lb. et distillares ipsum absque infirmitate aliqua, que ingrederetur super ipsum combustionis, vel conversionis, vel aliarum rerum, propter bonam separationem ejus.

Deinde ponderabis *aquam* et omnia elementa ejus. Et scias quod hoc est iteratio sermonis eorum, ut non ingrediatur super ipsum aliquid. Sed si distillares ex eo .i. est aque aut 10 lb., non indigeres cum eo alio. Et in hoc est magnum secretum. Et similiter noster ignis qui egreditur ex eo et *oleum* et *terra*. Scias hoc et operare cum eo. Et ideo occultaverunt ut scires quantitatem hujus.

Deinde utere quoque *igne* volueris, aut quacumque *aqua*, aut quocumque *oleo*, aut

(1) Le titre du livre suivant manque, à moins que ce ne soit le *Liber ignis*.

quacumque *terra,* si te gravaverit lapis. Et in hoc est magna quies, ideo quod in lapide est paucum oleum, quod extrahere ex ipso est difficile et propter multas infirmitates que ingrediuntur super ipsum et oleum quod est, tantum quantum ipsum : id est pinguedo quam diximus.

Oleum autem ipsum trina indiget preparatione, donec preveniat. Et quidam dixerunt quod nil valet tantum quantum pinguedo lapidis. Et nos diximus quod hoc est. Et dixerunt quomodo potest esse ut sit alia pinguedo que valeat quantum ipsum, cum non habeat illam naturam. Diximus enim hic multa verba, quorum unum est, quod pinguedo super omnia appropriat ei una intentio. Ipsi vero non negant quod omnis pinguedo que est in mundo sit calida et humida. Sed quia ipsi minuunt ejus calorem, augetur et minuitur; aut forsitan fertur secum de frigiditate et siccitate. Et sic destruitur et convertit unumquemque comparem suum et cadit diversitas eorum.

Responsio est sic. Non dimittemus cum eo aliquas infirmitates, et perducemus ipsum ad unam quarum viarum, aut ad calidum, aut ad humidum tantum. Et nostra probatio est : ipsum pervenit ad illud ad quod pervenit pinguedo lapidis, est talis ut utamur pinguedine lapidis in multis operibus, et utamur hoc preparato in eisdem aut aqua aut terra. Ergo si fecerint ejus operationes in omnibus operibus, valet quantum ipsa. Et diverse si fuerint, augebimus [fol. 81, col. 1] eorum preparationes.

Responderunt alii et dixerunt : non ergo indigemus lapide; dixerunt immo, indigemus. Nostra autem intentio non est nisi nature et nos jam invenimus tincturam, cum qua sit inpressio in hoc lapide. Et ideo utimur eo, et occultamus sermonem super eum. Scias hoc, et utere.

Ejus lapidis enim sunt multe utilitates et ideo est honoratus. Quarum una est in qua jam completa maturatio et intentio maturationis in omne re est, ut perveniat ad terminum quod potest prodesse. Scias hoc. Et ego in lapide multa habeo signa que discas. Et dicam signa pinguedinis cum igne et de signis ejus habetur, cum sumpseris de igne preparatio prima preparatione et posueris ipsum in vas concavum vitreatum, et projeceris super ipsum partem in pinguedine preparate preparatione prima. Tunc tinctura subito solvetur ab eo. Et si dimiseris in ere congelabitur res rubea. Prohice super ipsum .℈.1. pinguedinis, neque facit ipsam rubeam. Tinget enim ipsam. Et fiet totum sicut alifindum. Et postea, si projeceris aliam .℈. pinguedinis super ipsam donec una .℈. habeat .℈.III., fit aqua cujus substantia est sicut substantia pinguedinis, aut parum amplius grossior. Ejus signum tale oportet ut cum hoc facere volueris sit alon. Deinde calefac tabellas de *Luna.* Et pone in ipsum eas .20. vicibus et fient terra. Et sit quantitas *Lune* .4.℈. aut 5. Et cum totum factum fuerit terra, tere super tabellam vitream. Postea prohice super ipsum IIII de alhaut vel alalancu de 10 i.10 terendo bene, donec fiat terra nigra cum rubedine mixta. Deinde assa ipsum levi assatione et reduc ipsum ad molliendum. Sic ter. Et postquam coloratum fuerit aliquo colore non nigro, erit completum. Et si aliquis locus egredietur in eo non coloratus, reduc ipsum ad preparationem, sicut diximus, quoniam non est completum. Et postquam complebitur et egredietur *Argentum vivum* coloratum.

Non potest esse quin habeat aliquem colorum trium. Et alii sunt *colores* inter bonum et temperatum; tres vero sunt : *rubeus, citrinus* et *colochius.* Et qui ex istis erit

compositus, erit bonus. Quod si *niger* ingressum fuerit. medicina non est completa. Redi ad operationem, et itera super ipsum, donec compleatur. Et postquam complebitur, pondera ipsum, et si ponderaverit tantum quantum *Argentum* [fol. 81, col. 2] vivum, tunc jam completum est opus. Ex qua prohice .ʒ.1. super .100. de *Luna* et fiet *Aurum* purum. Et si velis ut sit elixyr ad tingendum, solve ipsum in tres diebus usque ad novem. Deinde paulatim et paulatim congela ipsum. Et postea prohice unum pondus super 100. Et si non fuerit solutum in novem non est completum.

Undique et de signis bonis ejus est ut sumas de tinctura tantum quantum est .ʒ.1. et daanic et de alahinem sublimata *aquila* cum .ʒ.II minus dahanic et medietatem .ʒ. de alahinem. Et tere totum bene et consperge ipsum cum aqua. Et fac ex eo quamcumque formam velis in *Luna*. Et dimitte siccari. Postea sume de gallis et sal armoniaco et alumine partes equales, et tere eas bene. Et solve et cohoperi in circuitu forme quam fecisti in *Luna*. Et imple formam illam de hac aqua. Et pone in furno ad calefaciendum. Postea dimitte infrigidari et pone in aquam. Ergo *Argentum* in forma erit sicut *Aurum*. Et bonum est deceptoribus, qui dicant quod sit inventum in thesauris. Et in unaquaque forma sit pondus .8.ʒ. quam prohicias super 100 *Lune* quam ipsa sit *Sol*. Et erit bonum in itinere ad fugiendum cum eo, et ad faciendum cruces et patinas.

Liber pinguedinis.

In hoc libro dicam qualiter pinguedines cum preparatione extrahuntur.

Modus extrahendi pinguedinem de *cherua*. Sume de seminibus ejus que in arbore maturata sunt quantum velis, et decortica eas in mortario, tere. Et pone eam in ollam stagnatam in qua sit aqua fervens. Et move bene, et cum egredietur pinguedo ejus, depone ab igne et collige pinguedinem illam et repone.

Aut si velis, pone ea in sporta et comprime cum pilo. Et signum si bene egreditur est bene egressio ejus ex cortice ejus. Hoc aut[em], confert scabiei et pustule et pustularum humidum que sunt in capite.

Et sic extrahitur pinguedo de *amygdalis*. Sed ipse teruntur in mortario. Et postea conspergitur lb.1. de amygdalis, cum quarta libre aque calide. Et comprimatur et addatur iterum aqua, donec habeas totum oleum.

Modus extrahendi pinguedinem de *ben*. Et sume de semine ben albi et tere bene et consperge cum aqua calida. Et postea pone ad solem. Et quod ex eo exsiccatur, commisce cum eo quod non est siccum. Et ita fac donec sit nigrum et [fol. 81, v°, col. 1] feces. Et comprime, sicut facis in aliis pinguedinibus. Hoc quid confert dolori auris. Et ita facies pinguedines omnes de seminibus.

Magisterium pinguedinis *sinapis*. Et hoc est ut bene teritur et conspergatur cum aqua calida et miscetur cum ea oleum et comprimatur.

Pinguedo . . . *rei* ita fit : succus ejus cum oleo coquatur et ita fit pinguedo de hiis que non habent pinguedinem. Neque volumus extrahere, nisi ejus virtutem et tincturam.

Oleum *laurinum* fit de baccis ejus. Et bonum est illud quod est recens et viride et

valde amarum, quod est utile omnibus doloribus qui accidunt, humeris et aliqua superfluitate frigida et dolori auris, et reumatismis. Et cum factum fuerit, purgabit flegma congelatum.

Magisterium faciendi *oleum rosarum :* sume squinanti lb. 5 pinguedinis et ei ollb. 20. Postquam triveris squinantum, consperge aqua, et coque cum oleo et pinguedine, et move ipsum cum manu tua linita ex melle bono. Et similiter sume vas in quo coques ex melle, et pone in ipso rosas, postquam inundaveris eas. Et post colamentum, pone ad solem et move ipsum. Et quando moves ipsum comprime manu tua, que sit semper linita melle, et similiter vas in quo est. Sic semper linitum super linitum melle. Et postquam in sole factum fuerit bene, multis diebus dimitte feces ad fundum descendere. Et cola ipsum in vas melle linitum, et itera super feces operationem. Et cola postquam coxeris. Et prohice in eas III rosas mundatas III. ℈. Et prepara sicut preparasti primum. Et cola. Et itera super feces operationem . ℈ .35. Et utere unoquoque istorum per se. Neque renovabis quacumque vice rosas tantum. Neque potest iterari nisi quantum. Et oportet ut bene colando extrahas oleum a fecibus quaque vice, et ut pinguedo sit bene colata. Sic enim in eo oleum a fecibus vel aqua destruetur.

Quidam autem sunt qui infundu[n]t rosas in oleo ad solem, et singulis diebus mutant et mittunt darsesahan et *pampinos de vitibus*. Et quidam sunt qui ponunt in eo ungulam asini et salem : ideo ut sit color ejus pulcher et ut odor destruatur.

Neque dixi extractionem harum pinguedinum, ideo quod sit nostra intentio. Sed ideo ut dixi ut sit ea ad extrahendam pinguedinem ex lapidibus et arboribus et ab hominibus in hoc magisterio, et etiam ex animalibus. Quedam enim eorum sunt que habent pinguedinem et paucam quedam. Et attulimus ingenium harum rerum causa extrahendi pin-[fol. 81, v°, col. 2]guedinem illarum rerum.

Quod autem diximus de appositione olei super ipsum est bonum et radix magna. Cum enim distillabitur ex eo sal armoniacus, que congelabitur vel congelabit istas medicinas calidas que sunt in illa substantia de salsedine.

Liber LX^us^ primus de ablutione argenti vivi.

In hoc libro dicam quomodo abluuntur lapides, et quomodo extrahuntur spiritus ex corporibus, et quomodo quedam corpora extrahuntur ex quibusdam. Dico ergo inprimis quod spiritus sunt IIII et corpora sunt VII.

Quatuor vero sunt *spiritus : argentum* vivum, et *sulphur*, et *auripigmentum*, et *sal armoniacus*. Et elevatio suarum diversitatum eadem. Enim omnia volantia; sed propter causas eorum sunt ipsa diversa.

Corpora autem *VII* sunt Plumbum, Stagnum, Aurum, Ferrum, Argentum, Es, Vitrum (1). *Argentum* vero *vivum* non est cum illis. Ipsum namque posui inter

(1) Le verre est ici compris dans la liste des métaux; comme chez les anciens Égyptiens : *Origines de l'Alchimie*, p. 220, 217. — *Introduction à la Chimie des anciens*, p. 80. — Il y a parfois confusion dans le texte actuel entre les mots *vitrum* (verre) et *nitrum* (natron).

spiritus; et nisi esset in auripigmento virtus fortis mutans, esset sicut sulphur. Facit enim cuius plurimas operationes.

Prima ergo *preparatio* horum spirituum et corporum que exercere debemus, est ut lavemus eos, donec auferatur ab eis sordes. Deinde utemur istis sic bene mundum cum sublimatione et calcinatione. Cum venit ergo nobis ut abluamus hec corpora et hos spiritus, ante sublimationem et calcinationem.

Operatio autem *in ablutione* est ista :

Ablutio argenti vivi. Coque ipsum in oleo per diem .I.; postea in aceto per diem .I. Et ablue ipsum et erit pulcrum. Aut si non, coque ipsum cum aceto distillato cum albumine. Et etiam si coxeris cum urina, erit bonum, et ita album ut speculum. Quod si illud quod cum isto volueris preparare fuerit sublimatum, sublima ipsum. Abluere vero ipsum hoc modo est bonum. Et hoc est ut mortifices argentum vivum cum attramento et sale. Et sublimes ipsum in alutel, cujus capud sit amplum et fundum angustum. Deinde fiet aqua fervens vehementer et prohiciatur in ipsa hoc argentum vivum. Vivificabitur enim. Prohice ab eo aquam, et operare cum eo. Et si volueris, sublima ipsum totum. Et si non, utere eo sic vivo. Neque enim bonum operari est cum eo in aliqua re, nisi in hoc modo.

Ablutio sulphuris multas habet ablutiones. Quarum hec est una solum ut coquetur cum urina, aut cum lacte, aut cum utroque, ut utatur eo. Aut si volueris, tere ipsum cum aqua, et sublima in alutel, cum capite amplo semel. Et utere ipso. Et hoc est melius quam ipsum coquere. Decoctio enim dissolvit [fol. 82, col. 1] ejus colorem et non extrahit ex ipso lapides. Relinquit sordes ejus cum eo. Et quocienscumque volueris sublimare spiritus, sublima eos cum suo colore, ne ipsum amittant. Scias hoc.

Ablutio auripigmenti cum aqua vehementer fervente et cum aceto et sale. Cum istis enim potest mundificari. Ipsum vero perfecte abluere est sublimare ipsum.

Et similiter facies cum *sale armoniaco,* et ita mundificaris. Utere eis.

Sublimatio argenti vivi (1). Sublima ipsum, albumine et attramenti equali pondere sui, et quaque vice renova. Ita facies septies. Et egrediens pete que fundi possunt.

Melior vero *sublimatio sulphuris* et *auripigmenti* hec est : sublima ipsum de henez et calcecumenon. Cum sublimabitur in cucurbita, super salem fundetur. Et hoc est magnum secretum. Et scias hoc.

De omnibus *sublimationibus sulphuris* est que fit in limatura ferri et calce. Ipsa enim ipsam mundant bene a suis sordibus.

Et *sublima salem armoniacum* a sale et aqua. Cumque revolveris, et melius.

Unius sublimatione horum .iiij. spirituum non dimittatur in ea, quin sit talc frigidum et bene tritum. Est enim bonum. Scias hoc.

Has autem correctiones jam diximus in multis locis. Et qui habent librum meum

---

(1) Ici commence le Liber LXI^us^ ou 31.

(2) Sublimabitur sic : sume mercurium album mortificatum assatum lb ℈. et mitte in albucello

salis armoniaci .ϑ. X. sublimati semel et aluminis al. .ϑ. XX, et dragmam egyptii ad pondus omnium. Hec enim super tabulam vitream mixta conterantur. Deinde in panno posita cum annora, id est cum equalitate, super tabulam vitream predictam fortiter exprimantur, donec particulatim cadant. Et postea optime conterantur super eandem tabulam. Et desuper fundatur acetum rubeum distillatum et misceantur cum eis quo ad nigrum fiat sicut cinis. Hec omnia sublimabis cum salis gemma et talc, bene tritis. Aut si volueris appone [fol. 82, v°, col. 1] limaturam ferri. Prolongabis enim ejus sublimationem.

Deinde, postquam acceperis ejus humores, sublimabis ipsum iterum; aut cum spongia, que sit sursum in capite, aut cum inforaminibus in capite; quod est melius. Sunt autem foramina tante magnitudinis quorum capacitatem repleat digitus medicus. Cumque pulvis egredietur, fac ignem vehementem quis fit in medio. Sublimabitur enim. Cunque pulvis cessaverit, removes ignem. Et cum infrigidatum fuerit, aperi. Et quod in scuto adhumatum est sume. Quod si fuerit ejus pondus cujus fuerit sal armoniacus vel parum minus. Inpossibile enim quin aliquantulum argenti vivi sublimetur cum eo. Reconde ipsum hic cum sal armoniacus sublimatus. Deinde reduc vas ad ignem et claude capud optime. Et fac ignem majorem. Et dimitte sic per totum residuum diei. Post permitte infrigidari et aperi. Accipe illud quod sublimatum fuerit et pondera. Quod si tantum quantum fuit argentum vivum, scias quod remansit fex. Ipsum ergo prohice. Quod si minus fuerit multum, sume quod sublimatum fuit ex eo et repone. Deinde tere feces illas et reduc ad ignem sublimandum. Et quod sublimabitur ex eis sume et adjunge ei. Hoc enim est *Argentum vivum sublimatum*. Facies hoc ter.

Probatio. Ut ex hoc argentum vivum .ϑ. III. sumas et salis armoniaci sublimati .ϑ. I. et optime teris. Deinde in crucibulo tenui fundas. Quod si se solverit et factum fuerit quasi massa alba plumbi, scias quod factum est. Si non, reduc ad opus. Et hoc argentum vivum est completum cum in eo est hoc signum, aut VII sublimationis. Et si hoc signum apparuerit in VII sublimationibus, aut post VII, non est superfectum.

Sublimatio argenti vivi secundum Platonem. Sumatur de eo cum oleo abluto ... .i. cum urina et cum aceto et cum sale; et cum aceto in quo solvitur sal armoniacus. Postea sumatur ex attramento alumine cuidem. Et extinguatur cum istis et una salis armoniaci. Et prohiciatur super ipsum acetum. Deinde terantur hii cum limatura ferri et talc et auripigmentum et mero ... quorum unumquodque sit ... ipsum. Postea spergatur sal in fundo alutel. Et sublimabitur cum igne debili, donec removeatur ejus humiditas. Deinde vigora ignem per diem et noctes duas. Et permitte infrigidari. Et sume quod sublimatum est de eo. Et itera medicinas. Et opera operationem [fol. 82, v°, col. 2] tribus vicibus. Et invenies ipsum fusum. Aut, si volueris, fundetur. Secretum enim in omni re que sublimatur est ut fundatur. Et hoc signum est quod jam perfectum est.

Deinde depone feces, donec precipiam tibi quid ex eis facies. Et si ita iteraveris sublimationem super argentum vivum, fiet bonum elixyr etiam in quarta. Et in tribus relinquis affirmabitur tibi affirmatio. Deinde sume feces et tere et sublima eas. Et sume quod remanet in eis ex argento vivo. Et hec est una ex bonitatibus ejus. Alia vero est quod si projectum fuerit parumper baurac super ipsum. Et feceris ipsum descendere, descendet *Argentum fixum*.

Argenti vi
cum VII color
oleo; deinde c
mine quantum
tabula vitrea
quocienscumq
fiat ut cinis.
limature eris r
vivo extincto
deinde ipsum
ipsum remove
aut per duas n
tres. Tere et s
Deinde infund
marchaside et

Calefac hoc
et est adhuc A
reduc ipsum a
de elbz, sicut c

Modus vero
parva tamen e
col. 1], descer
ipsum congela
siccum in sua

Et hoc quo
invenies humi
vincere suum
prehenditur hu
titur in *Argen*
tibi et faciet ip

Operare quo
quod diximus

Et in ipso e
holofece et alb
ignem, sicut di
Et hoc est no
moveatur.

Ea vero quil
species iceba q
super argentu
quod si carpitu
quod carpsio
ad . . . capita s
dicam in loco

Et dixerunt quod quando *colloquintida* molli inuncti fuerint pedes, et ambulaverit, purgabis multum. Hec autem colloquintida non esti lla que congelat multum *Argentum vivium;* sed si est illa cujus radix facit unam colloquintidam. Coque *Argentum vivium* cum centum. Et de multis mirabilibus hujus rei nescio aliquid eorum tibi appropriare, et jam dixi in meis libris *.C. et XII et in* (libris) *XVII de corporibus vero et compositionibus preparationibus* et capitulis [fol. 83, col. 2] propinquis, harum specierum. Feci .iiij. libros omnibus meliores libris quos dixi. In X tractatibus cum aliis meis libris in *Summa sermonis* et in *libro Veneris* et in *libro Silve* et in *libro Complementi* et in *libro Vite.* Et in *libro Veneris* sunt preparationes bone; et ejus quod est propinquum et quod est remotum; ejusque duas species, scilicet propinquas et longinquas. Et in *libro Complementi* (1) operationes corporum et eorum solutiones et eorum mundificationes, summe que est ei necessaria et corporibus omnibus. Et in *libro Silve* est summa compositionum purarum, sed propinquarum et longinquarum. Et in *libro Vite* est differentia que est inter illud quod est propinquum et longinquum, secundum intentiones. Et sunt libri magni absque obscuritate et non pendent et sunt unius intentionis. Neque nominavi eos in *Summa,* nisi quia adjuncti aliquibus libris; neque ordinavi, nisi postquam complevi illum librum quod jam dixi *de Argento* in duobus libris. Sufficit nobis et est verum et precipue capitulum quod est simile *capitulo Moysi* est . . . et complementum. *Expletus est liber.*

Liber qui est .70. et est postremus liber.

In hoc meo libro dicam expositiones preparationum dictarum et incipiam ab *animali.*

Dico quod lapis major esse debet secundum quod dico jam manifestum est quod ipse est compositus ex iiij^{or} elementis : ex *aqua* et *aere* et *igne* et *terra.* Cujusque quorum preparatio debet esse sicut preparatio corporis sui. Hoc est quod postquam jam manifestum est quod secundum preparationem primam necessarie sunt aque et aeri septingente distillationes. eorum unius. Cujusque sunt necessarie septingente et spiritus et pondera sunt, secundum quod diximus prius. Sed quod calores ex eis sumantur verum est. Et hoc primus ordo est et est finis preparationis secunde majoris.

Secundus vero ordo est minor isto et est super decimam primi. Sed regula elementorum istius decime est ut sint equalia, ut qui ponunt super ea aliud elementum melius, nature ipsorum non destruentur. Neque destruuntur, nisi propter rem que non est sui ordinis. Et ideo diximus inprimis in preparatione suorum elementorum in illum super suum comparem aliquid augeret, ut hic est ordo secundus. qui est minor altero isto. Et quod est in eo jam plenarie explanabimus.

Ordo vero tercius est primi decima decime, et est decima secundi, et sermo in eo est sicut in secundo. Intellige hoc. In coloribus vero est magnum secretum. Et sic capitulum primum inhumatum fuerit quinque mensibus, erit melius aut sex. Et post hoc non est finis. Et si confundentur, fieret bonum cum pinguedine illa. Scias hoc. Et operare

(1) Ces Livres sont-ils les cinq qui manquent de LXV à LXIX ?

secundum istud,
illum. Et hoc est
necesse operari s
millia, et tercium
in capitulo prim

Locutio vero i
capituli majoris.
penitus est in ani
Sed unus color a

Locutio vero ir
Cito enim adurun
sumatur tinctura.
tur, donec tinctu
enim colorum pl

Modum vero st
magna. Neque ej
ipso sunt multi
altera corporum
Et qui non, errar
affirmet corpora
corpora.

Unus istorum
pora. Spiritus au
signa, et in solu
signa. Explicit.

ARCHÉOLOGIE ET HISTOIRE DES SCIENCES.

TABLE DES MATIÈRES.

INTRODUCTION.

Pages.

Étude de la métallurgie antique. Sa double source : textes des historiens ou praticiens, et examen des objets conservés dans les monuments, ou trouvés dans les fouilles 1

Mes recherches personnelles : publication des textes inédits d'Alchimie et d'arts et métiers, et analyse chimique d'échantillons authentiques de métaux et objets anciens. Liste de mes ouvrages antérieurs sur ce sujet 2

Nouvelles recherches réunies dans le présent Volume : Première Section. Sur les métaux et objets trouvés dans les fouilles en Égypte, Chaldée, Susiane, Occident romain, etc.... 3

Deuxième Section. Notices relatives à l'histoire des Sciences dans l'antiquité et chez les nations orientales : Perse, Inde, Chine..... 3

Documents originaux : Papyrus grec de Leyde. Livre des soixante-dix de Géber (latin).... 4

PREMIÈRE SECTION.

MÉTAUX ET OBJETS DIVERS TROUVÉS DANS LES FOUILLES.

Division du sujet..... ... 5

PREMIER GROUPE.

FOUILLES D'ÉGYPTE.

I. Outils et armes de l'âge du cuivre pur en Égypte et du bronze en Arménie..... 6

Débuts de la fabrication des métaux, cuivre et bronze, d'après des produits d'origine et de date connues..... 6

Pages.

A. Objets provenant de l'ancienne Égypte : Ancien Empire et âge de pierre; Age du cuivre pur 6
Sépulture de Negadah (de Morgan). Cupule de cuivre. Cuivre transformé en protoxyde 7
Tombe d'Abydos (Amelineau). Hache plate de cuivre, forme préhistorique 8
Aiguille de cuivre; Mode de fabrication 10
Ciseau de cuivre 11
Aiguille canaliculée, constituée par une lame mince tordue en spirale 11
Fragments divers. Garniture de coffret. Clou de cuivre 12
B. Objets provenant de l'Arménie russe (Caucase). Age du fer et du bronze 13
Epingle, boutons, pendeloques, bracelets en bronze 14
Épingle de bronze trouvée dans la forêt des Moidons (Jura) 15

II. Quelques métaux trouvés dans les fouilles archéologiques en Égypte 15

Tombe de l'époque thinite (Maspero). Lame de cuivre désagrégée, avec étain en petite quantité 15
Lingot de bronze de Saqqarah 16

III. Sur un vase antique de plomb trouvé à Abou-Roach. Industrie céramique. Analyse. 17

IV. Sur l'or égyptien. — Feuilles d'or de différentes époques 19

Or natif allié d'argent. Electrum ou asem. Purification de l'or en Lydie : époque de Crésus. Monnaies créséides 19
Procédé employé : Cémentation par voie sèche. Pratiques de l'antiquité et du moyen âge. Cément royal 19
Séparation des deux métaux par voie humide, signalée depuis le XIV^e^ siècle, usitée officiellement au XVI^e^ siècle 19
Date relative des échantillons, d'après leur analyse. Feuilles d'or des momies de différentes époques 20

V. Sur les alliages d'or et d'argent et diverses autres matières provenant des tombeaux égyptiens 20

A. Petit fragment d'or provenant du cercueil du roi Horus, Dahchour, XIII^e^ dynastie. 21
B. Deux petits paquets de feuilles métalliques, provenant d'un tombeau de la XI^e^ ou XII^e^ dynastie, découvert à Bercheh, et appartenant à un certain Tahouti-Nakhouit. 21
Analyses. Alliages d'or et d'argent. Leur teinte 22
C. Objets divers. Parfums; boules poreuses destinées à leur servir de supports 23
Lamelle de cuivre. Petits anneaux de verre, enfilés 24

VI. Sur un étui métallique et ses inscriptions 25

Objet d'art, provenant du Musée du Louvre (Bénédite), n'ayant subi aucune restauration. Provenant probablement d'un sanctuaire des Pallacides d'Ammon (Medinet Habou) 25

I. Renseignements historiques : la reine Shapenapit, XXVI^e^ dynastie. Notation astrologique des métaux 25
II. Description de l'objet. Le Soleil. Scène d'offrande aux divinités thébaines. Inscriptions hiéroglyphiques 26
Moitié haute : face antérieure, dorée. Les yeux solaires, le théorbe Nefer, le signe des Panégyries. Filets d'or. Étoile à cinq branches. Image du ciel. Ligne de terre. Image de l'Univers 27
Moitié haute : face postérieure, argentée. Uréus. Scène d'offrande 28
Moitié basse. Face dorée et face argentée 28
III. Métaux de l'étui. Alliage de cuivre, de plomb et d'étain. Disposition. Patine ... 29
IV. Ivoire. Son altération. Analyse 30

VII

VIII

Pages.

Burin. Aiguille; sa structure..... 72
Armes de pierre et de bois. Le cuivre métal précieux; minerais pauvres. Méthodes d'exploitation..... 73

DEUXIÈME GROUPE.

FOUILLES DE CHALDÉE.

I. L'âge du cuivre en Chaldée..... 75
Lance d'un roi de Kish, hiératique. Patine, atakamite. Cuivre pur..... 76
Herminette à douille circulaire. Autre..... 77
Objets divers..... 78

II. Analyse de quelques objets métalliques antiques provenant de la Chaldée..... 78
Statuette représentant une femme portant une corbeille. Cuivre et plomb..... 79
Statuette babylonienne, prêtre barbu. Piédestal d'un taureau : bronze avec fer..... 80
Feuilles d'or. Cachet hétéen..... 81
Ages du cuivre et du bronze..... 81

TROISIÈME GROUPE.

FOUILLES DE SUSIANE.

Lettre de M. Roland de Mecquenem relative aux fouilles de M. de Morgan..... 83
Note de M. V. Scheil..... 84
I. Fragments de vases et instruments métalliques provenant du Tell de Suse (Époques élamitique, achéménide, etc.)..... 85
Vase d'argent altéré. Analyse..... 85
Fragment d'un coffret. Dolmen; Vadjalik..... 86
Cube de plomb. Fragments de vases et plaques de bronze; scories; fil..... 87
Fragment de tombeau en bronze de l'époque achéménide..... 89
Calotte de bronze, montant d'un battant de porte, avec inscription au nom de Silhak..... 90
II. Minerais provenant des fouilles de Suse. Litharge. Silicate complexe. Objets divers..... 91
III. Fragments d'outils provenant du temple du dieu In Susinak..... 93
Clous; anneaux; pointe de javelot; petite pelle; tige; pied de statuette: lames..... 93

QUATRIÈME GROUPE.

OBJETS DE L'ÉPOQUE ROMAINE ET DU MOYEN AGE.

I. Sur quelques alliages métalliques d'origine gallo-romaine trouvés à Reims. Argent et cuivre. Cuivre et zinc..... 100

II. Sur certains alliages métalliques connus au moyen âge..... 102
Idée alchimique de modifier les propriétés des métaux. Leurs alliages..... 102

Pages.

Alliages de l'arsenic et de l'antimoine. Avec le cuivre. Or alchimique. Sidéro-chalque. *Liber sacerdotum*. Fer indien 103

III. Sur les miroirs de verre doublés de métal dans l'antiquité 104

Miroirs de bronze. Miroirs de verre doublé de plomb trouvés à Reims 104
Procédé de fabrication. Fragment de verre irisé 106
Miroirs métalliques et miroirs d'obsidienne dans l'antiquité 108
Miroirs de verre revêtus d'étain, d'or 108
Renaissance du XIII^e^ siècle. Emploi de l'étain amalgamé à Murano. Glaces de Venise. 109

IV. Nouvelles recherches sur ce sujet 109

I. Miroir du musée de Sofia : ἡ χάρις εἰμί 110
Mode de fabrication des miroirs doublés de plomb 112
II. Premier miroir d'Antinoé, à garniture de plâtre 113
III. Autre miroir d'Antinoé, à garniture métallique 115

L'industrie des miroirs de verre doublés de métal dans l'Empire romain 117

V. L'aérolithe d'Avicenne. Épées magiques. Culte de la pierre d'Emèse et pierre noire de La Mecque 117

QUATRIÈME GROUPE *bis*.

OBJETS PRÉHISTORIQUES.

I. Trois menhirs véritables antiques trouvés dans les bois de Meudon. Carrefour de la Garenne. — Faux dolmens et faux menhirs modernes 122

II. Sur une lampe préhistorique trouvée dans la grotte de la Mouthe 123

CINQUIÈME GROUPE.

ALTÉRATIONS SÉCULAIRES DES MÉTAUX ET DES OBJETS HISTORIQUES.

I. Altération des métaux 124

II. Réaction des chlorures alcalins sur l'argent. Expériences 124

III. Sur l'altération lente des alliages métalliques contenant du cuivre, au contact de l'air et des chlorures alcalins. Transformation lente du cuivre en protoxyde de cuivre : accroissement du volume. Objets actuellement formés de protoxyde de cuivre. Expériences 125

IV. Sur divers liquides contenus dans des vases antiques 127

Vin antique 127
A. Liquides provenant d'un flacon trouvé près de Reims 128
Matière grasse : préexistence d'une huile végétale 128
Liquide aqueux : acides contenus; glycérine. Eaux d'infiltration 129
B. Liquide provenant d'un tombeau syrien : infiltrations 130

V. Nouvelles recherches sur les altérations séculaires des substances hydrocarbonées d'origine organique 131

Fioles égyptiennes contenant des huiles. Analyses. Oxydations lentes 132

Pages.

VI. Recherches chimiques sur le blé découvert à Pompéi. Analyses..... 138
Hypothèses sur le mode d'altération constaté 141

VII. Sur les changements de couleur des objets antiques. — Encres des anciens. — Vases peints. — Manuscrits..... 143

VIII. Remarques sur la nécessité d'étudier les variations de dimensions et de volume des organes et parties des êtres vivants, ou ayant vécu, dans les études anthropologiques et paléontologiques. Taille; proportions relatives. Volume du cerveau et capacité du crâne..... 144

IX. Sur les changements de dimensions et de volume que les organes et tissus végétaux éprouvent sous l'influence de la dessiccation. Variations de longueur, de diamètre, d'épaisseur. Expériences : sur les tiges de plantes; sur le papier..... 145

DEUXIÈME SECTION.

NOTICES RELATIVES A L'HISTOIRE DES SCIENCES.

I. Les classifications et les symboles chimiques dans l'antiquité et le moyen âge..... 157

Liste des signes : les métaux et leurs dérivés, poudre, feuille, minerai, rouille, métal brûlé, alliages..... 157
Considérations astrologiques. Nombre sept 158
Science grecque, syriaque, arabe, latine du moyen âge..... 158
Les quatre traités de Démocrite. — Le livre hermétique égyptien Chema. — Traités de Zosime traduits en syriaque : Travail des différents métaux..... 159
Distribution semblable de la *Mappæ Clavicula*..... 160
Les divers plombs : blanc (étain), noir (plomb, antimoine, etc.)..... 161
Écrivains arabes : Les corps, les esprits et les pierres. Les soufres. — Pierres contenant des esprits et pierres fixes..... 161
Sept genres de pierres qui contiennent des esprits : marcassite, magnésie, tuties, cadmies, antimoines, pierres magnétiques des sept métaux, hématite..... 162
Vitriols et leurs sept espèces. — Les sept sels. — Les aluns (styptiques) et les borax (fondants)..... 163
Sept genres de pierres sans esprits..... 164
Traductions latines des traités arabes 164

II. Sur les recettes techniques et alchimiques transcrites à la fin de divers manuscrits latins du moyen âge..... 165

Recettes d'origine antique..... 165
Manuscrit latin 6830 F Paris : Matières colorantes; écriture en lettres d'or; transmutation..... 166
Les destructions de Dioclétien..... 169
Origine de ces recettes. — Composition des manuscrits latins 6514 et 7156..... 170
Les encyclopédistes Vincent de Beauvais et Albert le Grand ignorent les recettes techniques..... 172

III. Adalard de Bath et la *Mappæ Clavicula* (art de la peinture)..... 172

Notice sur Adalard de Bath (XII^e siècle) : ses voyages, ses ouvrages et compilations.. 173
Traité intitulé : *Mappæ Clavicula :* manuscrit anglais; manuscrit de Schlestadt; manuscrit de Reichenau du IX^e siècle (perdu)..... 174

Pages.

Compositiones ad tingenda 175
Comparaison des manuscrits. Vieille liste. Additions faites par Adalard 176

IV. Quelques renseignements sur l'Alchimie persane et sur l'Alchimie indienne 177

Ostanès et ses axiomes : traduction persane 178
Sophar; Zoroastre; Pebechius et Osron 179
Mythes et produits indiens 179
Traités arabes attribués à Ostanès 180
Sources chaldéennes 181
Correspondance avec les Parsis actuels de Bombay. — Magie persane 181

V. Sur l'Alchimie indienne 183

Publications du professeur Ray de Calcutta 184
Doctrines alchimistes des Indiens, d'après Albirouni. — Théories arabes. — Le Rasayana. 184
Nagarjuna, l'Hermès indien 185
Traités indiens du XIII^e^ siècle et du XVI^e^, leurs dates relativement modernes 185
Les Tantras, doctrines magiques et le çivaisme : Çiva et Parvati 186
Le Taoïsme chinois 186
Applications médicales du Rasayana 187
Les drogues védiques, tirées des herbes, et les drogues tantriques, tirées des métaux et du mercure. — Relations entre la Chimie et la Médecine 187
Ouvrages indiens manuscrits. — Propriétés du mercure; sa préparation 188
Traités indiens comparés aux traités arabes 189
Sels; urines; fondants; lessives; acides; vitriols; etc. 190
Les sept métaux et leurs composés solubles employés comme remèdes 191
Figures d'appareils 191
Préparations modernes des acides 191
Origine des procédés indiens, par double importation : l'une arabe (du XI^e^ au XIII^e^ siècle), l'autre européenne (depuis le XVI^e^ siècle) 191

VI. L'Alchimie indienne d'après les textes 192

Travaux et publications du professeur Ray. — Date réelle des manuscrits 192
Ouvrages attribués à Nagarjuna et à Vagbata 193
Chimie subordonnée à la Médecine. Pas de textes alchimiques précis, ni de cahiers de recettes techniques anciens 193
Pratiques actuelles 194
Périodes de l'histoire de la Chimie indienne 195
Védas : Soma; agents végétaux; charmes et invocations 195
Période ayurvédique. Systèmes philosophiques. Kapila et le système Samkhya : les radicaux, les éléments sensibles 196
Théorie atomique de Kanada 197
Influence réciproque des philosophies grecque et indienne 197
Période de transition. Compilations Charaka et Susruta : leurs rédactions successives et commentaires 198
Confusions relatives à Hippocrate 198
Système humoral 199
Drogues minérales, végétales, animales. Analogies arabes 199
Les ouvrages antérieurs à la période mercurielle 200
Période tantrique, Préparations mercurielles et prières cabalistiques. Rasa, mercure. Rasayana. Sciences occultes 200
Le mercure des philosophes rend le corps impérissable et procure la libération. Empoisonnements en Chine 201

Pages.

Floraison alchimique, dérivée des Arabes, et par suite des syro-grecs, puis modifiée par les systèmes religieux indiens. ... 202
La mort des métaux et leur résurrection. — Leur teinture. — Ouvrages pseudépigraphes. ... 202
Prédominance du point de vue thérapeutique. — Les minerais métalliques; les rasas inférieurs; les pierres précieuses; les métaux purs; l'initiation; le laboratoire; les termes techniques; les appareils. ... 203

VII. Les Lapidaires chinois ... 203
Les Lapidaires du moyen âge : leur contenu et leur intérêt. — Travaux de M. de Mély. ... 204
Lapidaires chinois : texte, traduction, commentaires ... 205
Traduction manuscrite partielle de Van der Monde (XVIII^e siècle). Analyse du D^r Geerts. Documents divers ... 205
Quelle est la valeur historique de l'Encyclopédie sino-japonaise prise comme base de cette étude? (XVI^e-XVIII^e siècles) ... 206
Chronologie chinoise légendaire et historique. Ses inexactitudes. — Destruction des manuscrits anciens. Compilations anonymes et postérieures depuis le XI^e siècle de notre ère. ... 208
Se-ma-Koang. Ma-toan-lin. — Interpolations. ... 209
Le Lapidaire chinois répond à la Minéralogie européenne vers le XVI^e siècle. ... 209
La pierre est la racine du principe Ki : partie bonne, or et jade; partie mauvaise, arsenic. Transformations diverses. ... 210
Pierres célèbres. Leurs propriétés magiques. Actions diverses. ... 210
Génération des substances au moyen du principe Ki, matière première ... 211
Les quatre classes de corps. Les quatre principes de l'Univers. Les cinq éléments : Élément mâle et élément femelle. ... 211
Étude des métaux. — Plan des articles. ... 212
Les monnaies. — Procédé pour en reconnaître la pureté. Pierre de touche. Historique. 213
Industries et notions pratiques, semblables à celles de l'Occident. Le zinc et ses alliages ... 213
Formation des métaux au sein de la terre. Le plomb, aïeul des métaux. Le mercure, âme des métaux : tiré des minéraux, animaux, végétaux. ... 214
Génération de l'or. Rôle des composés arsenicaux. ... 214
Exhalaisons d'Aristote. Génération du plomb, étain, argent, cuivre. ... 215
La Grande Unité. Idées arabes et chinoises. Leur source. ... 216
Pierres précieuses : le jade. Le chen-cha, μίλτος, minium ... 216
Le mercure. Celui du pays de Fou-lin (Syrie); légende analogue à celle de Zosime. . 217
Minerais divers; propriétés médicales et diverses. ... 217
Nom persan de la litharge. Nom du zinc (totan). ... 218
Pierre d'aimant attirant les navires : légende de Sindbad le Marin et du Pseudo-Callisthène. ... 218
Pierre d'aimant vivante. Fer changé en cuivre. ... 218
Diamant préservatif des poisons. — Pierre de tonnerre. — Aétite, pierre à noyau mobile. — Pierres à empreintes fossiles et dendrites. — Pierres lumineuses. — Urine d'enfant ... 218
Corail consacré à Jupiter. — Ἀδαμας. — Talc. — Écume lunaire ... 217
Superstitions antiques ... 219
Date des inventions chinoises : porcelaine, boussole, imprimerie. ... 219
Verre, encre, papier, laiton. — Astronomie scientifique introduite en 721. ... 219
Eau-de-vie, poudre de guerre et artillerie, introduites par les ingénieurs occidentaux : mangonaux des Mongols ... 220
Inventions chinoises empruntées à l'Occident. ... 220

Pages.

Alchimie. Sectateurs de Tao-tse : livres brûlés. Breuvage d'immortalité. Tan, poudre de projection. Nestoriens 220
Empereurs empoisonnés par les composés mercuriels. Le breuvage d'immortalité refusé par Houng-Wou 220
Incendie des livres des Tao-tse. Lutte des sectes 220

VIII. Les papyrus grecs du British Museum 222

Découvertes faites dans les papyrus. Agriculture égyptienne 223
Procédés de faux-monnayeur. — Crise monétaire du IIIe siècle dans l'Empire romain.. 224
Donner au cuivre l'apparence de l'or : artifices divers. Métaux en feuilles..... 225
Formules magiques. Substances spéciales. — Terre vierge. — Kyphi. — Végétaux et animaux 225
Nomenclature prophétique. Laurier vierge..... 226
Transsubstantiation divine chez les Égyptiens. — Horoscopes. — Invocations magiques et évocations 226
Charmes et divinations. Mots barbares 227
Personnages : Homère; Homéromantie..... 227
Orphée. Oracle d'Apollon. Enigme de la Sibylle..... 228
Moïse. Pythagore. Démocrite : ses jeux 228
Recettes médicales. Signes et symboles. — Serpent Ouroboros..... 229
Formules magiques, effacées. Formule de l'écrevisse. Soleil et Lune. Alphabets cryptographiques..... 230
Étoile à huit rayons. Signes de Jupiter, de Mars, etc.; signes magiques et alchimiques. Abréviations 231

IX. Les médecins égyptiens..... 232

Papyrus médicaux. Célébrité des médecins égyptiens. Leur tradition 232
Ouvrages pseudépigraphes, prétendus antiques 233
Recettes mythiques. — *Iatromathematici* 233
Papyrus Ebers. — Les livres hermétiques d'après Clément d'Alexandrie 234
Les écrits scientifiques égyptiens mis sous le nom d'Hermès..... 235
Opuscules formant le papyrus Ebers..... 235
Titres. — Invocations. Formule évoquant les dieux. Recettes mises sous un patronage divin. Formules bizarres, existant aussi dans les ouvrages grecs ou latins..... 236
Maladies des yeux, cheveux, dents; maladies des femmes. Recettes domestiques..... 237
Traité anatomique: Les vaisseaux du corps..... 237
Interprétation des mots désignant des maladies et des remèdes..... 238
Antique pharmacopée animale..... 238
Miel. Plantes et leurs produits. Boissons médicamenteuses. Kyphi..... 239
Matières minérales. Asem, métaux, etc..... 240

X. Sur les voyages attribués à Galien et à Zosime dans l'Archipel et en Asie mineure. Sur la matière médicale dans l'antiquité..... 242

Traité de Zosime : son plan..... 243
Noms de drogues : Les terres médicales; les treize pierres..... 243
Dioscoride, Galien, Zosime. Vocabulaire..... 244
Voyages à Chypre et dans l'Asie Mineure. — Cadmie, misy, sory..... 244
Terre sigillée de Lemnos..... 246

XI. La légende des savants alexandrins. — Les prestiges des prêtres. — Les miroirs ardents d'Archimède..... 247

La Science cultivée d'abord dans les temples. — Didascalée d'Alexandrie..... 247
L'abrégé des merveilles. Traditions relatives à la science des prêtres égyptiens. Ses cor-

Pages.

rélations avec les descriptions exactes des physiciens grecs. — Héron d'Alexandrie et les *Philosophumena*..... 248
Prestiges réels et frauduleux. — Le sang de saint Janvier et le miracle païen décrit par Horace..... 248
Cahiers des anciens prêtres..... 249
Prestiges optiques : apparitions; l'illumination du répondant. Procédé décrit par Héron : jeux de miroirs. Cérémonies rituelles..... 250
Fantômes s'élevant d'un tombeau (Pausanias). — Jets de lumière; yeux d'émail..... 251
Prestiges chimiques; inflammations et phosphorescences; procédés décrits par les alchimistes grecs..... 251
Lampes prétendues perpétuelles..... 252
Affaissement soudain, lors de l'ouverture des tombeaux, des restes et ornements. — Déroulement d'une momie à l'Exposition de 1867..... 252
Mélanges inflammables au soleil..... 252
Feu allumé par l'eau : soufre mêlé de chaux vive. — Les bacchanales dans Tite-Live. 253
Effets magiques des miroirs. — Le phare d'Alexandrie. Conjectures..... 254
Témérité des attributions rétrospectives faites *a priori*. — La *Grande Serpente* d'Esplandian, fils d'Amadis de Gaule..... 256
Miroirs concentrant la chaleur solaire et produisant du feu. — Culte de Vesta..... 255
Les miroirs ardents d'Archimède. Récits byzantins. — Espérances de Roger Bacon... 256
Réalité des opérations d'Archimède. Texte d'Anthémius de Tralles. Expériences de Buffon..... 257
Prévision astrologique de l'issue des maladies..... 257
Statues parlantes et mouvantes; oiseaux et serpents animés. Prestiges. Récits légendaires. Textes d'Héron..... 258
Ambassade du Lombard Luitprand à Constantinople..... 259
Vases intarissables. Vases versant du vin..... 260
Les trésors cachés dans les tombeaux..... 261
La fabrication de l'or..... 261
La teinture des métaux et celle du verre. — La panacée : liqueur de longue vie : Diodore de Sicile et Galien..... 262
Le roi Markounos et Marcus Græcus..... 263
Idoles incendiaires. L'idole slave de Sondershausen..... 263
Ouverture des Pyramides par El-Mamoun; emploi des procédés des mineurs de l'antiquité..... 264

DOCUMENTS.

I.

PAPYRUS CHIMIQUE DE LEYDE.

Son origine. Carnet d'orfèvre relatif à la fabrication des alliages. — Imitation et falsification de l'or.

Mêmes pratiques que le Pseudo-Démocrite et les alchimistes gréco-égyptiens. Transmutation.

Procédés suivis dans l'Empire romain et reproduits textuellement dans d'anciens manuscrits latins remontant au IX^e^ siècle.

Te
Pu
Do
Co
Fal
Bla
Co
Éc
Do
Do
Éc
Pr
Do
Fix

Écr
–
–
Nor
cl
Lib
D

Lib
L
O
D
L

Rac
Lib
O
Lib
D
D
H
B
S

Lib
D

Pages.

Liber de septem diebus (*XI*^{us})..... 323

Mundatio. — Opération abrégée..... 323

Liber indicum (*XII*^{us})..... 324

De sanguine; de capillis..... 324
Marche de la distillation. — La teinture..... 325
Preparatio ovorum; capillorum; sanguinis..... 326
Ovorum cortex; albumen; vitellum; de sale..... 326

Liber applicationis (*XIII*^{us})..... 327

Preparatio capillorum..... 327
Capitulum rubedinis; albedinis; nigredinis..... 328
Sperma. — Homo rationalis.....

Liber (le titre manque)..... 329

Sal armoniacum; sulphur; argentum vivum..... 330
Regimen et preparatio. Summa operationum in animalibus..... 330

Liber ludorum (*XXIV*^{us})..... 330

Réaction des corps précédents. — Teinture en rouge du vif-argent, etc. *Corpora facienda de vegetabilibus*..... 331

Liber experimentorum (*XXV*^{us})..... 332

Fabrication de l'élixir tinctorial tiré des végétaux. — L'argent, les deux plombs, le fer, changés en or..... 332
Procédés pour blanchir les métaux et les changer en argent, au moyen du vif-argent et du soufre, agissant seul, ou opérant avec le sel ammoniac..... 333

Liber corone (*XXVI*^{us})..... 334

De arboribus. — Vif-argent : sublimation; dissolution; durcissement..... 334

Liber evasionis (*XXVII*^{us})..... 335

Facere rubeum argentum vivum. — Constrictio ejus..... 335

Liber faciei (*XXVIII*^{us})..... 336

De terra preparanda..... 337

Liber cupiditatis (*XXIX*^{us})..... 338

Liber (*XXX*^{us}) (*de vegetabilibus ?*)..... 338

Dissolution du sel ammoniac, du soufre seul, ou avec le sel ammoniac..... 338

Liber 30 *creationis* (ou *cerationis*)..... 339

Les huiles et le lait. — *Oleum ex omni re*..... 339
Huile de sésame. — Huile d'amandes amères..... 340

Liber condensationis (*XXXI*^{us})..... 340

Les pierres et leurs espèces. — *Radix est una.* — *Tinctura ex lapidibus.* — Liste des corps dont on tire la teinture rouge ou blanche..... 341

Liber fornacis (*XXXII*^{us})..... 342

Transmutation du plomb. — Propriétés occultes et apparentes. — Nature du plomb, de l'étain, du fer, de l'or, du cuivre, du vif-argent, de l'argent..... 342

Liber claritatis (*XXXIII*^{us})..... 344

L'étain. — Procédés généraux de composition des corps. — Plomb changé en argent.... 344

Pages.

Liber reprehensionis (*XXXIV^us^*)..... 346
Nature et transmutation du fer..... 346
Le maître Harius. — Opération de la fusion. — Amollissement du fer avec l'orpiment... 347
Liber limpadi (*XXXV^us^*)..... 348
De l'or. — Sa nature. — Préparation avec l'étain et le plomb, etc..... 348
Liber Veneris (*XXXVI^us^*)..... 349
Nature du cuivre et ses transmutations. — L'auteur n'a rien caché..... 349
Liber de Mercurio..... 351
Nature du mercure. — Dialogue de l'or et du mercure..... 351
Les trois opérations. — *Modus fundendi; congelandi.* — Transmutation en argent.... 352
Liber de Luna..... 353
Nature de l'argent. — Ce que les philosophes ont caché. — Son changement en or..... 354
Liber ignis..... 354
C'est un élément. — Sa préparation. — La pierre philosophale. — L'argent pur et ses usages..... 355
Liber pinguedinis..... 356
Préparation des huiles : de *cherua* (?), d'amandes, de *ben* (?), de *sinapis*, de *laurier*, de *roses;* miel rosat. — Emploi des pampres de vigne..... 356
*Liber LXI^us^*..... 357
De ablutione argenti vivi..... 357
Purification des pierres: extraction des esprits tirés des corps. — Quatre esprits et sept corps (métaux), le verre rangé parmi les métaux..... 357
Ablutio argenti vivi. — Ablutio sulfuris. — Ablutio auripigmenti; salis armoniaci. 358
Sublimatio argenti vivi; sulfuris; auripigmenti; salis armoniaci..... 358
Liber (*LXII^us^*) *De ablutione corprum* (?)..... 359
Ablutio Plumbi. — Ablutio Martis. — L'or n'exige aucune purification..... 359
Ablutio Veneris. — Ablutio Lune. — Ablutio Vitri..... 359
Liber (*LXIII^us^*)..... 359
Sublimatio argenti vivi secundum Socratem. — Probatio..... 359
Idem secundum Platonem..... 360
Modus convertendi Argentum vivum in Argentum..... 362
Congelatio argenti vivi par la coloquinte. — L'auteur cite ses autres livres..... 362
Liber (*LXV*) *postremus*..... 363
La pierre animale composée de quatre éléments. — Ordonnances diverses de l'œuvre.. 363

37381 PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS.

Quai des Grands-Augustins, 55.

LIBRAIRIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55, A PARIS.

Envoi franco dans toute l'Union postale contre mandat de poste ou valeur sur Paris.

BERTHELOT (**M.**), Sénateur, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, Professeur au Collège de France. — **Thermochimie.** *Données et lois numériques.*

Tome I : *Les lois numériques*; 1897. — Tome II : *Les données expérimentales*; 1897. Deux beaux vol. grand in-8, 1500 pages..... 30 fr.

BERTHELOT (**M.**). — **Les carbures d'hydrogène (1851-1901)** : *Recherches expérimentales.* Trois volumes grand in-8 (1901), se vendant ensemble..... 45 fr.

Tome I : *L'acétylène : synthèse totale des carbures d'hydrogène.* Volume de 344 pages.

Tome II : *Les carbures principaux.* — *Vapeurs diverses.* Volume de 338 pages.

Tome III : *Combinaison des carbures d'hydrogène entre eux. Hydrogénation. Les éléments de l'eau.* Volume de 1x-370 pages.

DARBOUX (**Gaston**), Membre de l'Institut, Doyen de la Faculté des Sciences. — **Leçons sur la théorie générale des surfaces et les applications géométriques du Calcul infinitésimal.** 4 volumes grand in-8, se vendant séparément :

I^re^ Partie : *Généralités. — Coordonnées curvilignes. Surfaces minima*; 1887..... 15 fr.

II^e^ Partie : *Les enveloppes et les équipes. Isothermes avec diverses particulières. Des lignes tracées sur les surfaces*; 1889..... 15 fr.

III^e^ Partie : *Lignes géodésiques et courbure géodésique. Paramètres différentiels. Déformation des surfaces*; 1896..... 15 fr.

IV^e^ Partie : *Déformation infiniment petite et représentation sphérique*; 1896..... 15 fr.

DARBOUX (**G.**). — **Leçons sur les systèmes orthogonaux et les coordonnées curvilignes.** 1 volume grand in-8, avec figures, se vendant séparément :

Tome I. Volume de VI-346 pages; 1898..... 10 fr.

Tome II..... (*En préparation.*)

HERMITE. — **Œuvres de Charles Hermite** publiées sous les auspices de l'Académie des Sciences, par Emile Picard, Membre de l'Institut. 4 vol. grand in-8 (17 × 25), se vendant séparément.

Tome I. Volume de XI-511 pages avec un portrait d'Hermite; 1905..... 15 fr.

HERMITE et **STIELTJES.** — **Correspondance d'Hermite et de Stieltjes**, publiée par les soins de B. Baillaud, Doyen honoraire de la Faculté des Sciences, Directeur de l'Observatoire de Toulouse, et H. Bourget, Maître de Conférences à l'Université, Astronome adjoint à l'Observatoire de Toulouse, avec une *Préface* de Emile Picard, Membre de l'Institut. 2 volumes grand in-8 (15 × 25) (16), se vendant séparément.

Tome I (4 novembre 1882 — 31 juillet 1894), volume de XX-317 pages, avec deux portraits; 1905..... 15 fr.

Tome II (3 octobre 1890 — 14 décembre 1894), volume de VI-455 pages, avec un portrait et un spectrum; 1905..... 15 fr.

HALPHEN (**G.-H.**), Membre de l'Institut. — **Traité des fonctions elliptiques et de leurs applications.** 3 volumes grand in-8, se vendant séparément :

I^re^ Partie : *Théorie des fonctions elliptiques et de leurs développements en séries*; 1886..... 15 fr.

II^e^ Partie : *Application de la Mécanique à la Physique, à la Géométrie, à la Géométrie et au Calcul intégral*; 1888..... 20 fr.

III^e^ Partie : *Arithmétique. Quelques applications à l'Algèbre et au problème d'Équation du 5^e^ degré. Quelques applications à la théorie des nombres. Questions diverses.* Publiée par les soins de la Section de Géométrie de l'Académie des Sciences; 1891..... 20 fr. 50 c.

PICARD (**Emile**), Membre de l'Institut, Professeur à la Sorbonne. — **Traité d'Analyse.** Ouvrage en trois volumes grand in-8 avec figures, se vendant séparément :

Tome I : *Intégrales simples et multiples. — Leurs applications. Développements en série. — Applications du Calcul infinitésimal.* 2^e^ édition, revue et augmentée; 1901..... 15 fr.

Tome II : *Fonctions harmoniques et fonctions analytiques. Théorie des équations différentielles. Équations aux dérivées partielles.* 2^e^ édition, revue et augmentée; 1903..... 15 fr.

Tome III : *Des singularités des intégrales des équations différentielles définies par une relation algébrique entre deux variables. Étude de leur nature au voisinage de valeurs critiques. Cas où la variable reste réelle et des équations différentielles. Équations linéaires. Équations algébriques et les équations linéaires. Applications diverses*; 1896..... 15 fr.

Tome IV : *Équations aux dérivées partielles*..... (*En préparation.*)

PICARD (**E.**), Membre de l'Institut, Professeur à la Sorbonne, et **SIMART**, Capitaine du Génie, Répétiteur à l'École Polytechnique. — **Théorie des fonctions algébriques de deux variables indépendantes.** 2 volumes grand in-8 se vendant séparément.

Tome I : Volume de VI-268 pages, avec figures; 1897..... 12 fr.

Tome II : Volume de VI-246 pages, avec figures; 1906..... 12 fr.

POINCARÉ (**H.**), Membre de l'Institut, Professeur à la Sorbonne. — **Les Méthodes nouvelles de la Mécanique céleste.** 3 volumes grand in-8.

Tome I : *Solutions périodiques. Non-existence des intégrales uniformes. Solutions asymptotiques*; avec figures; 1892..... 10 fr.

Tome II : *Méthodes de Newcomb, Gyldén, Lindstedt et Bohlin*; 1893..... 10 fr.

Tome III et dernier : *Invariants intégraux. — Solutions doubles asymptotiques. — Solutions dont le moment est constant*; 1899..... 10 fr.

POINCARÉ (**H.**), membre de l'Institut. — **Leçons de Mécanique céleste.** 2 volumes grand in-8 (19 × 25) (1905-1907), se vendant séparément :

Tome I : *Théorie générale des perturbations planétaires.* VI-384 pages, avec 3 figures; 1905..... 12 fr.

Tome II..... (*En préparation.*)

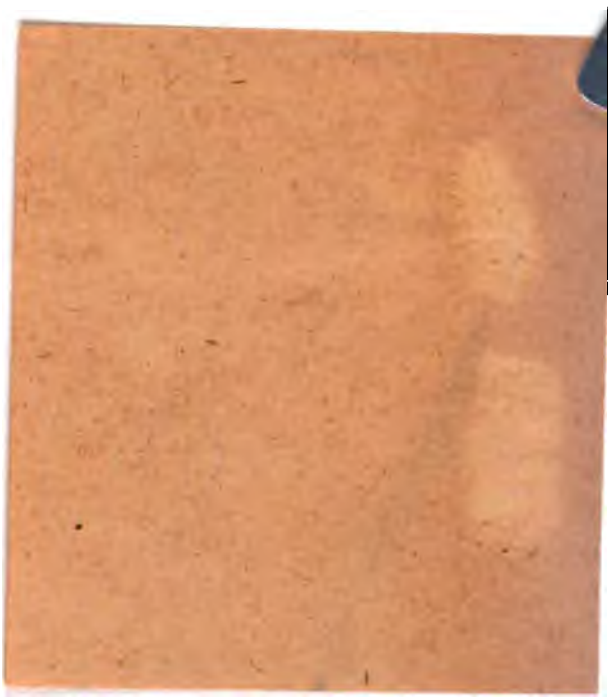
TISSERAND (**F.**), Membre de l'Institut et de l'Académie de Saint-Pétersbourg. — **Traité de Mécanique céleste.** 4 volumes in-8, se vendant séparément :

Tome I : *Perturbations des planètes d'après la méthode de la variation des constantes arbitraires*; 1889..... 15 fr.

Tome II : *Théorie de la figure des corps célestes et de leur mouvement de rotation*; 1891..... 15 fr.

Tome III : *Exposé de l'ensemble des théories relatives au mouvement de la Lune*; 1894..... 15 fr.

Tome IV et dernier : *Théorie des satellites de Jupiter et de Saturne. Perturbations des petites planètes*; 1896..... 15 fr.

TISSERAND (**F.**). — **Leçons sur la détermination des orbites.** Rédigées à la Faculté des Sciences de Paris, publiées par les soins de M. Perchot, Ingénieur hydrographe en chef de la Marine, Astronome adjoint à l'Observatoire, avec une Préface de M. Poincaré, Membre de l'Institut et du Bureau des Longitudes. Volume grand in-8, avec figures; 1899..... 10 fr.

5381 Paris. — Imprimerie GAUTHIER-VILLARS, quai des Grands-Augustins, 55.